

T.606



**"CARACTERIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS
EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ZONAS ÁRIDAS, EN VALLE FÉRTIL,
NORESTE DE SAN JUAN, ARGENTINA.
IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES"**

TESIS DOCTORAL

Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

MARTINELLI, M.
Caracterización de l

2009

67517

Autora: Mariana Martinelli

Director: Eduardo Martinez Carretero

Co-directora: Norma Vischi



67517

MFN:
Clasif: F.606

INDICE GENERAL

1	RESUMEN	11
1.1	ABSTRACT	11
	Capítulo 1: INTRODUCCIÓN	13
1.2	Indicadores	17
1.3	Objetivos	21
1.4	Hipótesis.....	22
1.5	Ubicación y descripción general del área de estudio	22
2	Capítulo 2: CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA E HIDROLÓGICA.....	25
2.1	Introducción	25
2.2	Recursos y método	25
2.2.1	Mapa geomorfológico.....	26
2.2.2	Modelo digital de terreno	26
2.2.3	Análisis del régimen hídrico en la zona de estudio	27
2.3	Resultados y discusión	27
2.3.1	Mapa geomorfológico.....	27
	Caracterización de las categorías.....	29
	Unidades geomorfológicas de la Asociación.....	31
	Rasgos geomorfológicos: morfodinámica y morfogénesis.....	32
2.3.2	Modelo Digital de Terreno	34
2.3.3	Análisis del régimen hídrico en la zona de estudio	34
	Curva hipsométrica del área de estudio	35
	Orden de cauces del área de estudio	37
	Pendiente media del área de estudio	38
	Suelos.....	39
	Clima.....	39
2.4	Conclusiones del capítulo.....	42
3	Capítulo 3: PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES	44
3.1	Introducción	44
3.1.1	Recursos y método.....	47

Fotos aéreas.....	47
Imágenes satelitales: Selección de los datos para el procesamiento digital.....	48
Preprocesamiento	48
i. Correcciones atmosféricas y radiométricas	48
ii. Comportamiento espectral de las coberturas de terreno en zonas áridas.....	48
Procesamiento	49
iii. Aplicación de realces	49
iv. Obtención del mapa temático	51
v. Evaluación de errores en el mapa temático.....	51
3.1.2 Resultados y discusión.....	52
Selección de los datos para el procesamiento digital.....	52
Preprocesamiento	54
vi. Imágenes corregidas atmosférica y radiométricamente	54
vii. Comportamiento espectral de los elementos de la subescena	56
Procesamiento	57
viii. Aplicación de realces	57
ix. Obtención de las imágenes temáticas.....	61
x. Evaluación de errores los mapas temáticos	68
3.2 Conclusiones del capítulo.....	74
4 Capítulo 4: ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN.....	75
4.1 Introducción	75
4.2 Recursos y Método.....	77
4.2.1 Trabajo de campo	77
4.2.2 Análisis de los datos	77
4.3 Resultados y discusión	79
4.3.1 Trabajo de campo	79
4.3.2 Análisis de datos.....	80
Análisis de conglomerados 1: variable cobertura	80
Análisis de conglomerados 2: variable cobertura de especie dominante y riqueza florística.	82
Correspondencia entre los agrupamientos obtenidos.....	84

Análisis de componentes principales con los datos del matorral de <i>A. argentina</i>	87
Correlación.....	95
Parámetros medidos vs. degradación.....	96
4.4 Conclusiones del capítulo.....	97
5 Capítulo 5: ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS SOCIALES, ECONÓMICOS y CULTURALES.....	99
5.1 Introducción	99
5.2 Recursos y Métodos	101
5.2.1 Diagnóstico participativo.....	101
5.2.2 Valor pastoral, receptividad ganadera y explotación del matorral de <i>A. argentina</i> 101	101
5.3 Resultados y discusión	102
5.3.1 Diagnóstico participativo.....	102
Tenencia de la tierra.....	103
Espacio social e institucional	103
Ocupación del espacio	105
Espacio Productivo	105
Ganadería	106
Agricultura	111
Capacitaciones	111
5.3.2 Valor pastoral, receptividad ganadera y explotación del matorral de <i>A. argentina</i> 111	111
5.4 Conclusiones del capítulo.....	115
6 Capítulo 6: INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y SELECCIÓN DE INDICADORES	117
6.1 Introducción	117
6.2 Recursos y métodos.....	119
6.2.1 Sistematización de la Información disponibles y armado de S.I.G.	119
6.2.2 Análisis estadísticos multivariados.....	120
6.2.3 Selección de indicadores y modelo analítico.....	120
6.3 Resultados y discusión	121

6.3.1	Sistematización de la información disponibles y armado del S.I.G.	121
6.3.2	Análisis multivariado.....	123
	Selección de las variables a analizar	123
	Análisis de conglomerado.....	125
	Análisis de componentes principales	127
	Correlación.....	130
6.3.3	Selección de indicadores y modelo sintético	132
	Indicador: Detección de uso y cobertura de la tierra (DUCT).....	133
	Indicador: Detección de cambios estacionales de la vegetación (DCEV).....	134
	Indicadores: riqueza y cobertura de arbóreas y arbustivas	134
	Modelo conceptual y relación de los indicadores. Síntesis del trabajo.....	136
6.4	Conclusiones del capítulo.....	140
7	Capítulo 7: CONCLUSIONES FINALES	142
8	BIBLIOGRAFÍA	145

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio	23
Figura 2: Mapa de unidades geomorfológicas (UG).....	28
Figura 3: Un sector del MDT con superposición de las curvas de nivel	35
Figura 4: Curvas hipsométricas. a) Área relativa vs. altura relativa; b) área vs. altitud.....	36
Figura 5: a) Red de canales representando el orden del área de estudio; b) el MDT con superposición de la red de cauces temporarios exportada a partir de a).....	38
Figura 6: Precipitación anual para los años 2001, 2002 y 2005	40
Figura 7: Precipitaciones mensuales para los años 2001, 2002 y 2005	41
Figura 8: Distribución de la nube de puntos en el espacio bidimensional.....	50
Figura 9: Subescenas del área de estudio. Imágenes Landsat 5 TM, 231081	53
Figura 10: Curvas espectrales para el 17 de Septiembre de 2000, imagen no corregida.....	55
Figura 11: Curvas espectrales para el 17 de Septiembre de 2000, imagen corregida.....	56
Figura 12: Un sector de la imagen antes y luego de la corrección	56
Figura 13: Curvas espectrales para el 28 de Marzo de 2001, imagen corregida.....	57
Figura 14: Imagen obtenida a partir del Tasseled Cap	58
Figura 15: Imagen de Detección de Cambios Estacionales obtenida a partir de la aplicación de la TRCEN.....	60
Figura 16: A la izquierda, subescena de la imagen de detección de cambios y.....	61
Figura 17: Clasificación del IBS.....	62
Figura 18: Imagen de detección clasificada.....	64
Figura 19: Gráfico del análisis de conglomerados.....	80
Figura 20: Gráfico del análisis de conglomerados.....	82
Figura 21: Gráfico riqueza florística por grupo	83
Figura 22: Círculo de correlaciones para los censos.....	88
Figura 23: Círculo de correlaciones para las variables factores 1 y 2	91
Figura 24: Círculo de correlaciones para las variables, factores 1 y 3	92
Figura 25: Círculo de correlaciones para las variables, factores 2 y 3	93
Figura 26: Estructura por edades de la población de Baldes del Rosario, año 2000	104
Figura 27: Mapa de uso y cobertura del suelo elaborado con Don Alfredo Villafañe	107

Figura 28: a) sector del mapa de detección de cambios estacionales; b) sector del mapa de uso y cobertura del suelo	122
Figura 29: Análisis de conglomerados.....	126
Figura 30: Círculos de correlación de las variables en el plano por pares de factores	128
Figura 31: Modelo conceptual del estudio del sistema ambiental-humano	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escalas de interés.....	19
Tabla 2: Clasificación geomorfológica de las unidades mapeadas.....	27
Tabla 3: Reporte de altura generado para el total de píxeles en 10 fajas hipsométricas.....	36
Tabla 4: Determinación de orden de canales en la subescena	37
Tabla 5: Resultados del análisis de textura del suelo (realizados en IADIZA)	39
Tabla 6: Registros pluviométricos disponible para la zona	40
Tabla 7: Matriz de error de la imagen temática de uso y cobertura del suelo	68
Tabla 8: Precisión total y por clase de la imagen temática de uso y cobertura del suelo	68
Tabla 9: Estadístico kappa por clase y total.....	69
Tabla 10: Matriz de error del mapa de uso y cobertura del suelo.....	70
Tabla 11: Matriz de error imagen temática de detección de cambios.....	71
Tabla 12: Precisión total obtenida de la matriz de error	71
Tabla 13: Estadístico Kappa por clase y total.....	71
Tabla 14: Matriz de confusión del mapa detección de cambios estacionales.....	73
Tabla 15: Censos Point Cuadrat.....	80
Tabla 16: grupos identificados a través de la clasificación de las muestras de vegetación	81
Tabla 17: Riqueza florística por bioforma y total para los grupos obtenidos.....	84
Tabla 18: Correspondencia de los grupos obtenidos	85
Tabla 19: Autovalores de la matriz de correlación, varianza absoluta y acumulada.....	87
Tabla 20: Cosenos cuadrados para los sitios.....	89
Tabla 21: Contribución de los sitios en las componentes 1 y 2.....	89
Tabla 22: Cosenos cuadrados para las componentes 1, 2 y 3	94
Tabla 23: Contribución de las variables en las componentes 1, 2 y 3	94
Tabla 24: Matriz de correlación. En rojo y azul: significativo a $p < ,05000$. N=10	96
Tabla 25: Categorías del estado de degradación de los zampales	97
Tabla 26: Información del mapa de uso y cobertura del suelo	108
Tabla 27: Composición del ganado en la zona	108
Tabla 28: Manejo temporal y espacial del ganado en la zona	109
Tabla 29: Manejo diario del ganado	110
Tabla 30: composición del ganado en la zona en EV	112

Tabla 31: Cobertura de forrajera, biomasa y valores pastorales para cada sitio	114
Tabla 32: Matriz de correlación. En rojo: significativo a $p < ,05000$	114
Tabla 33: Descripción de los niveles o coberturas del S.I.G.	121
Tabla 34: Sumario esquemático de los niveles de información multiescala (NIM)	123
Tabla 35: Valores asignados a las clases	125
Tabla 36: Autovalores de la matriz de correlación, varianza absoluta y	127
Tabla 37: Cosenos cuadrados para las variables analizadas y los seis factores.....	130
Tabla 38: Matriz de correlación. En rojo: significativo a $p < ,05$. $N=10$	130
Tabla 39: Indicadores seleccionados	133
Tabla 40: Estadística descriptiva de los datos analizados.....	137
Tabla 41: Estadística descriptiva de los valores del IEDET para los datos analizados	138
Tabla 42: Prueba t para la muestra.....	139
Tabla 43: Estados de degradación para la zona estudiada	139

INDICE DE FOTOS

Foto 1: Sitio degradado al NE del área de estudio.....	21
Foto 2: Erosión laminar a) jarillal; b) zampal en el sur del Mogote	33
Foto 3: Erosión en surcos a) zampal de <i>Atriplex argentina</i> ; b) surco en detalle	33
Foto 4: Erosión en cárcavas. Estancia La Buena Esperanza.....	34
Foto 5: Bañado, en las adyacencias de la localidad de Balde del Rosario.....	65
Foto 6: Bosque en galería	65
Foto 7: Área circundante a un corral de cría, en el puesto San Antonio.....	66
Foto 8: Área circundante a un corral de cría, en la Estancia La Buena Esperanza.....	66
Foto 9: En primer plano, zampal degradado en la Estancia La Buena Esperanza.....	67
Foto 10: Matorral de <i>Larrea cuneifolia</i>	68
Foto 11: Burro comiendo flores de “algarrobo” (<i>Prosopis flexuosa</i>).....	112
Foto 12: Burro forrajando flores de “brea” (<i>Cercidium praecox</i>).....	113
Foto 13: Vaca ramoneando “zampa” (<i>Atriplex sp.</i>)	113
Foto 14: Medición de parámetros de relieve.....	136

1 RESUMEN

El objetivo de esta tesis es identificar, caracterizar y jerarquizar los estados de degradación en un área representativa de las bajadas áridas de la vertiente oriental de las Sierras de Valle Fértil – La Huerta, sobre la base de indicadores relacionados a estructura, composición y distribución de la vegetación, factores edáficos y geomorfológicos, y el uso actual del suelo.

La tesis está organizada en siete capítulos. Cada capítulo constituye un conjunto de conocimientos y procedimientos propios, y está organizado en introducción, recursos y métodos, resultados y conclusiones parciales. En el *primer capítulo* se plantea el problema y la fundamentación de la tesis, sus objetivos generales y particulares y la descripción general del área de estudio. En el *segundo capítulo* se desarrolla la caracterización del área de estudio desde los aspectos geomorfológico e hidrológico, identificando unidades homogéneas e indicadores cualitativos para esta etapa de trabajo. En los *capítulos tres, cuatro y cinco* se presentan los métodos y resultados que caracterizan la degradación en la zona de estudio en los aspectos físicos, biológicos y socio productivos a distintas escalas de interés. Particularmente, en el *capítulo tres* se desarrollan conocimientos y técnicas de percepción remota utilizados, seleccionando indicadores espectrales; en el *capítulo cuatro* se presenta el tratamiento de datos sobre variables biológicas y físicas, con énfasis en el estudio de la vegetación; en el *capítulo cinco* se presentan los aspectos socio productivos de la zona desarrollados sobre la bases de métodos etnográficos como son las técnicas de Diagnóstico Rural Participativo. La síntesis de todas las etapas de trabajo se presenta en el *capítulo seis*, donde se integran los niveles de información generados y se propone un marco de trabajo y un modelo aritmético simple para estudiar la degradación de tierras áridas. En el *capítulo siete* se presentan las conclusiones finales.

Palabras claves: degradación, tierras áridas, escalas, indicadores.

1.1 ABSTRACT

This study is aimed at identifying, characterizing and putting forward a hierarchy of the land degradation state in the representative region of arid slope of eastern Sierra de Valle Fértil-La Huerta, on the basis of the vegetation structure, composition and distribution indicators; edafic and geomorphological factors and the present soil use.

This study is organized in seven chapters. Each chapter comprises a particular set of knowledge and procedures in the form of introduction, resources and methods, and partial results and conclusions. The first chapter deals with the thesis problem and justification, its general and particular goals and the overall description of the field of knowledge under study. In the second chapter, a characterization of the study area is described from the geomorphological and hydrological viewpoint, identifying homogeneous units and qualitative pointers for this work stage. In chapters three, four and five the methods and results that characterize the study area degradation are explained, taking into account the physical, biological and socio-productive features. At various interest scales. Particularly, chapter three the knowledge and remote perception techniques used are developed, sorting out spectral indicators. In chapter four the data treatment about biological and physical variables with emphasis on the vegetation study- is explained. In chapter five the socio-productive aspects (features of the region are described, developed on the basis of ethnographical methods such as the Participating Rural Diagnosis techniques. The brief account of all work stages – including newly produced information levels- as well as a work background and a simple arithmetic model to study degradation of arid soil are introduced in chapter six. The final conclusions are developed in chapter seven.

Key words: degradation, arid land, scale, indicators.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

La degradación de tierras secas o de tierras áridas, semiáridas y subhúmedas es una problemática ambiental compleja que afecta a la tercera parte del planeta y se traduce en pérdida de productividad biológica y económica de la tierra, implicando un cambio negativo con respecto a las condiciones ambientales previas. Características de este proceso son: a) erosión hídrica y eólica, b) deterioro de las propiedades físicas, químicas, biológicas y económicas del suelo y c) pérdida de cobertura vegetal y diversidad biológica. Respecto a los factores que propician la degradación de estos sistemas naturales, se identifican actividades antrópicas y factores climáticos. En cuanto a las primeras, se puede citar las prácticas agrícolas y ganaderas inapropiadas y la tala sistemática del monte nativo. Respecto de las causas climáticas de la degradación se mencionan el cambio climático global, principalmente la sequía (Prince, 2002; Fernández et al. 2002; Stafford Smith y Reynolds, 2002; Reynolds et al. 2003; UNCCD, 2004; Morales, 2005; Mortimore, 2005; Reynolds et al., 2005; Torres et al., 2005; Adamo and Crews-Meyer, 2006).

Las zonas que tienen un índice de aridez (precipitación anual media / evapotranspiración potencial media) comprendido entre 0.05 y 0.65 son definidas como zonas áridas (Middleton y Thomas, 1997). Estas áreas representan 5.2 billones de hectáreas, el 40% de la superficie continental del Planeta Tierra, donde vive aproximadamente 1/5 de la población mundial. La fisonomía del paisaje de las zonas áridas corresponde el 24 % a matorrales, el 20% a las zonas de cultivo, el 28 % a estepas herbáceas, los bosques ocupan el 8% y las zonas urbanas el 3% (Reynolds et al., 2003, 2005). En América Latina y el Caribe, las tierras secas con problemas de degradación alcanzan el 75 % del territorio, particularmente en América del Sur, donde el 68 % del total de la superficie está afectada por procesos de erosión (Morales, 2005).

Los procesos de degradación de tierras en Argentina afectan a la mitad de la superficie de su territorio, dato de relevancia si se tiene en cuenta además que las tres cuartas partes del país pertenecen a la categoría de tierras secas; el 30% de la población, aproximadamente 9,5 millones de habitantes, vive en estas zonas con procesos de degradación, ya sea en áreas urbanas o rurales. (Abraham et al., 2003; PAN, 2004; Morales, 2005; Torres et al., 2005; Adamo et al., 2006). En Argentina, la tala del monte nativo de las últimas décadas, para

ampliar la frontera agrícola con prácticas netamente extractivas, y la estrecha vinculación de estas zonas con la pobreza dan cuenta de una problemática de relevancia para su estudio y desarrollo. Esta situación, está mencionada como particularmente seria en países de América, Asia y África según datos del PNUD (Ortiz Roca, 2007).

En este contexto es necesaria la generación de conocimientos que permitan gestar y poner en práctica una visión integral para el estudio de esta problemática ambiental, y por tanto compleja, que promueva el desarrollo integral de las comunidades rurales en las múltiples dimensiones de la vida humana: económica, social, cultural, medioambiental, política y ética.

En lo que respecta al desarrollo de estudios y programas que abordan la degradación en zonas áridas, en términos generales, se observan dificultades para la generación de conocimientos y metodologías sobre la degradación. No se cuenta actualmente con una metodología consensuada que permita abordar el estudio sistémico de los procesos de degradación y que facilite la integración entre escalas de estudio y entre actores involucrados en la reversión del mismo. Si bien existen acuerdos internacionales donde se definen directrices metodológicas y conceptuales, y ser un problema ambiental de primera magnitud científica, política, social y económica, diversos autores mencionan que existe más controversia que consenso entre científicos, políticos y gestores del territorio, a pesar de ello hay pocas dudas de que las áreas marginales presentan procesos de degradación o riesgo de ella, lo que conlleva a pérdida de productividad biológica y la capacidad productiva de los suelos, siendo notable la alta incidencia de la pobreza y la indigencia en estas áreas (Dregne, 1996, 2002; Stafford Smith y Reynolds, 2002; Matallo, 2005; Reynolds et al., 2005).

Desde hace al menos tres décadas se llevan a cabo numerosos esfuerzos para abordar esta problemática. En 1974 el documento de la FAO “Evaluación de la Degradación de los Suelos, programa internacional de conservación de suelos (FAOMRA/F3951)” sienta bases para una evaluación global de la degradación actual y potencial de los suelos, iniciando un trabajo al norte África y en Oriente Medio; los propósitos fueron evaluar el estado de degradación, promover investigaciones y acordar metodologías de trabajo entre instituciones. A partir de allí, otras iniciativas globales y en vigencia para el problema de la degradación de tierras son: 1994. United Nations. Earth Summit. Convention on Desertification, United Nations. Conference on Environmental and Development, Río de Janeiro, Brazil, June 3-14, 1992.



1994. United Nations Convention to Combat Desertification. Intergovernmental Negotiating Committee For a Convention to Combat Desertification, Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa.

2000. UNCCD. The Causes of Desertification. United Nations Secretary of the Convention to Combat Desertification.

2003. Land Degradation Assessment in Drylands Project (LADA).

En Argentina, en 1994 se implementó el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación (PAN), acción que se implementó localmente en San Juan a través del programa de investigación: La Desertificación en el Gran Bajo Oriental del Departamento de Valle Fértil. Estado de situación y propuestas. En el 2004, y en coordinación con esfuerzos internacionales a través de la FAO, se llevó a cabo el programa LADA. En la zona centro-oeste el programa se materializó en un estudio de caso en el departamento de Lavalle (Mendoza, Argentina), que entre las metas a alcanzar menciona: “se espera en la próxima etapa del Proyecto LADA en Argentina, contar con un grupo reducido de indicadores que permitan realizar el monitoreo para las eco regiones como así a nivel nacional” (Abraham et al., 2005). La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2007) a partir de los resultados alcanzados hasta el momento de la ejecución del LADA, menciona, entre varios tópicos, que: “en la República Argentina consolidó la articulación entre las instituciones del país que trabajan en la temática de desertificación y la participación de los diversos actores interesados”; “la aplicación de la metodología demostró que se puede extrapolar a lugares con diferentes situaciones ambientales, sociales, económicas e institucionales”; haciendo mención a que “Se considera sumamente importante continuar con el proceso iniciado para demostrar las hipótesis, profundizar y terminar los estudios sectoriales”, como así también integrar los conocimientos, y desarrollar un programa de rehabilitación y monitoreo, integrando también a los actores locales.

En este contexto, y a pesar de estos esfuerzos, el análisis de situación del conocimiento en lo que respecta a estudios y programas de degradación nacionales e internacionales sugiere que existe una gran necesidad de generar conocimiento sobre indicadores a múltiples escalas y que faciliten una evaluación sistémica de procesos, que permita la fluidez de información y conceptos entre escalas, siendo notable la ausencia de modelos de análisis que permitan

estudiar, monitorear o revertir los procesos de degradación desde una perspectiva integral, que considere los actores involucrados en el problema. Esta falta de consideración de las interdependencias entre múltiples dimensiones del proceso de degradación han evitado el desarrollo de un enfoque sintético necesario para estudios de esta naturaleza en las zonas áridas (Stafford Smith y Reynolds, 2002).

Un marco de trabajo apropiado para el estudio de esta problemática ambiental fue realizado por numerosos científicos del campo de la Ecología de Paisaje y de la Geografía. En el año 2001 se realizó la Conferencia de Dahlem (Alemania), de allí surgió el Paradigma de la Desertificación de Dahlem (DDP) centrado en las relaciones entre los factores socioeconómicos y biofísicos e incluye la consideración de los procesos no lineales, la resiliencia, la vulnerabilidad, la ecología de los pastizales, las percepciones humanas, la teoría jerárquica, la teoría general de sistemas y el análisis económico como fuente para la contextualización y el estudio de la problemática de la degradación de tierras áridas; un análisis detallado puede encontrarse en Fernández (2002), Stafford Smith y Reynolds (2002) y Reynolds et al. (2005).

Siguiendo los lineamientos de la CCD (UNCCD, 1994) y con el propósito de avanzar en el conocimiento y la mitigación de la problemática de la degradación, los principales postulados que surgieron en esta conferencia fueron:

- es fundamental una aproximación holística que considere de manera simultánea los atributos biofísicos y socioeconómicos de las zonas áridas;
- los atributos biofísicos y socioeconómicos que causan la degradación de la tierra son invariablemente lentos respecto a otros atributos de preocupación más inmediata para el bienestar humano. Es necesario distinguir entre variables lentas y rápidas con el fin de identificar las causas de las consecuencias, siendo las variables lentas determinantes críticos del sistema;
- los sistemas socio-ecológicos de las zonas áridas son dinámicos, como todo sistema ecológico, y tienen una estructura jerárquica, siendo la desertificación una propiedad emergente a escala regional resultante de la degradación a escala local; la escala entonces es un aspecto fundamental;

- existe una serie de procesos concretos que controlan el funcionamiento de los ecosistemas, permitiendo así que sean comprendidos y gestionados;
- la restauración de los sistemas socio-ecológicos una vez degradados requieren intervención externa, el sistema humano ambiental cambia positivamente de una manera coevolucionaria o en forma disfuncional, disociando el vínculo humano ambiental; a medida que aumenta la disfuncionalidad entre los subsistemas aumentan los costos de intervención externa (Reynolds et al., 2005).

Estos conceptos respaldan el estudio de los procesos de degradación de tierras secas, aportando un marco de referencia que permite organizar las observaciones, mediciones y el análisis de un sistema de naturaleza compleja. En este contexto entonces, para caracterizar la degradación de tierras en el sistema productivo objeto de este estudio, se debe tener en cuenta que: a) los patrones espacio-temporales que caracterizan un paisaje y las interrelaciones entre sus componentes son interactivas, dinámicas y dependientes de la escala, y b) la dependencia de la escala y la organización jerárquica plantean que es necesaria una observación multi-escalar para comprender los patrones y los procesos que ocurren en un sistema ecológico.

1.2 Indicadores

La identificación y el monitoreo de los procesos de degradación de la tierra pueden realizarse sobre la base de indicadores, los cuales pueden ser identificados a diferentes niveles y escalas, e integrando la información que se genere, y de esta manera aportar información relevante sobre el estado de situación del área de estudio. La bibliografía disponible presenta gran cantidad de definiciones y de modelos para el tratamiento de los indicadores. En general, hay acuerdo en la necesidad de desarrollar una definición unificada, genérica y rigurosa de indicadores. Los indicadores son variables, es decir representaciones operacionales de los atributos de un sistema. Estas variables presentan un conjunto de estados, que aportan información sobre la condición y/o la tendencia de un sistema en particular (Noss, 1990; Gallopín 1996, 1997). Esta información es relevante dado que definir indicadores permite evaluar condiciones y tendencias, comparar situaciones y aportar información precisa para la planificación (Tunstall, 1992), y en esto radica la importancia de los indicadores, ya que esta relevancia es mayor que la de los atributos que definen por separado al sistema (OCDE, 1993).

Existen diferentes programas donde se proponen metodologías para la identificación y la selección de indicadores (OCDE, 1993; United Nations Commission on Sustainable Development (CSD) 1995; FAO-LADA, 2003). En general se utilizan modelos que relacionan variables sociales, ambientales y económicas donde la selección de indicadores se realiza analizando la correlación que existe entre todas las variables medidas, pero sin que se establezcan relaciones de causa efecto (Noss, 1990; Rutherford, 1997). Sumado a estos conceptos, las consideraciones propuestas por el DDP, un indicador debería ser un determinante crítico de la dinámica del sistema estudiado, por tanto una variable lenta medida: es decir que sea útil para caracterizar el estado del sistema estudiado en el largo plazo, ya que sus variaciones afectan los bienes y servicios del sistema de manera permanente en el largo plazo. Por ejemplo, la disminución de superficies de la tierra cubierta por vegetación y el incremento de la fragmentación del hábitat medidos en un tiempo dado afecta la producción de bienes y oportunidades de ese sistema para generaciones futuras, en este contexto y para esta escala, estas variables lentas constituyen indicadores para caracterizar un proceso de degradación.

En términos generales, para distintos objetivos y problemas de estudio, existen numerosos trabajos que siguiendo los lineamientos del modelo de DPSIR (Drivers, Pressure, State, Impact and Responses) caracterizan la estructura y las funciones de un sistema ecológico sobre la base de un conjunto pequeño de variables. Definen indicadores de estructura, espacial y temporal, e indicadores de funciones, estos últimos clasificados de acuerdo a los temas o aspectos principales para cada proceso estudiado; evalúan la correlación entre indicadores ambientales de diferentes escalas y obtenidos de distintas fuentes de datos, generalmente sobre la base de análisis estadístico multivariados. (Barri y Karlin, 2001; Naveh y Lieberman, 2001; Whittaker et al., 2001; Petit and Lambin, 2002; Suarez-Seoane and Baudry, 2002; Walsh et al., 2003; Wu, 2004; Bock et al., 2005; Mander and Müller, 2005; Müller, 2005; Purtauf et al., 2005; Dierssen, 2006; Lenz and Peters, 2006; Petrosillo et al., 2006; Venturelli and Galli; Wiggering et al., 2006; Zurlini et al., 2006).

La escala es un aspecto de particular relevancia en un estudio de degradación de tierras, siendo apropiada una visión pluriescalar y jerárquica para evaluar estos procesos. En la tabla 1 se presentan distintas escalas de interés de este fenómeno desde las perspectivas biofísicas y socioeconómicas (Reynolds et al., 2005).

Tabla 1: Escalas de interés.

Dimensión socioeconómica		Dimensión biofísica	
Escala	VARIABLES CLAVE	Escala	VARIABLES CLAVE
Granja/Unidad familiar	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de la unidad familiar - Características del trabajo - Características del suministro de alimentos (ej. seguridad, flexibilidad, etc.) - Desarrollo tecnológico - Patrones de uso de la tierra 	Mancha	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura vegetal Nutrientes edáficos Infiltración y capacidad de almacenamiento de agua del suelo Variables abióticas (ej. pendiente, orientación)
Comunidad/Pueblo	<ul style="list-style-type: none"> - Propiedad de la tierra - Características del gobierno local - Tamaño de la población - Flexibilidad del mercado de trabajo 	Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> Transporte de sedimentos Riqueza y composición específica Productividad primaria neta
Distrito/Provincia	<ul style="list-style-type: none"> - Ordenación del territorio Reformas agrícolas - Conflictos étnicos, sociales y económicos entre grupos - Limitaciones económicas (subsidios) - Oportunidades económicas - Riesgos naturales (inundaciones, sequía, incendios, plagas, etc.) 	Regional	<ul style="list-style-type: none"> Geomorfología Reservas de nutrientes edáficos (ej. fósforo y nitrógeno) Resiliencia del ecosistema
Nacional/ Internacional	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento de la población humana - Indicadores macroeconómicos - Políticas nacionales (ej. programas de asentamientos, incentivos económicos) - Conflictos nacionales e internacionales (ej. guerras) 	Global	<ul style="list-style-type: none"> Clima (ej. precipitación, radiación, albedo) Biodiversidad Cobertura de los distintos tipos de vegetación

(Fuente: Reynolds et al., 2005)

Fernández (2002), Stafford Smith y Reynolds (2002), Lam (2003), Walsh et al. (2003), entre otros, plantean en términos generales que los sistemas socio-ecológicos se encuentran organizados de manera jerárquica y los procesos y funciones que ocurren están afectados por la escala y el propósito de interés. Siguiendo el ejemplo de la disminución de superficies de la tierra cubierta por vegetación y el incremento de la fragmentación del hábitat, medidos en un tiempo dado, en la escala de interés local, este proceso, si bien puede presentar menor relevancia, esta igualmente percibido, simplemente en la expresión de un poblador rural cuando dice: "...cada vez vamos a buscar la leña mas lejos...", de allí deberán pensarse indicadores útiles para la escala y el grupo de interés en el que será utilizado. En este sentido construir conocimiento ambiental a escala local es otro desafío, dado que el manejo, las mejoras o el monitoreo de los procesos debe ocurrir principalmente a esta escala y con las

personas que ocupan ese territorio. La bibliografía menciona que es necesario conocer acerca de las percepciones de los pobladores locales sobre los problemas de degradación de las tierras, ya que el diseño de estrategias para un manejo adecuado de los recursos naturales debe incluirlas por ser ellos los agentes activos en el control de la degradación (Goldstein, 1997). Existe un sistema de normas comunitarias, en su conjunto denominadas conocimiento ambiental local (CAL), a partir de las cuales se puede trabajar para que, rescatando y poniendo en valor las prácticas tradicionales de los actores locales, se diseñen estrategias y se implementen soluciones. Es esperable que “las nuevas y mutuamente respetuosas sociedades entre los sistemas locales del conocimiento y los métodos científicos occidentales proporcionen oportunidades significativas para acelerar el desarrollo del CAL” (Stafford Smith y Reynolds, 2002).

Finalmente, un propósito común expresado en diversos trabajos más recientes, es la necesidad de minimizar la cantidad de variables y recursos necesarios para estudiar estos procesos, un conjunto pequeño de indicadores seleccionados a partir de variables lentas puede caracterizar el problema estudiado, y por otro lado minimizar además la relación costo/beneficio. Se han producido numerosos trabajos que desarrollan métodos de evaluación basados en indicadores de suelo y vegetación (Pyke et al., 2002; Herrick et al., 2005). En otros campos, particularmente de la Percepción Remota, han sido desarrollados recientemente numerosos aportes tales como: Asner y Heidebrecht (2005) evalúan procesos de degradación en zonas áridas de Estados Unidos; Adamo y Crews Meyer (2006) y Maldonado et al. (2005, 2007) han realizado estudios en zonas áridas y semiáridas de América del Sur; en Australia, Bastin et al. (2002) sobre la base de percepción remota y desde la ecología de paisaje generan indicadores de funciones en pastizales. Estas investigaciones aportan buenas perspectivas para el estudio efectivo del problema de la degradación de las zonas secas.

El área de estudio se ubica en el noreste de la provincia de San Juan, en el departamento Valle Fértil; los ambientes y comunidades rurales que aquí se encuentran son representativas de las bajadas áridas del centro-oeste de Argentina. Esta región presenta marcados signos de degradación del sistema natural, siendo notables los procesos erosivos del suelo debido a la acción hídrica y la pérdida de cobertura vegetal por acción de la tala y el pastoreo extensivo (foto 1). Por otro lado, la zona adquiere relevancia desde el punto de vista de la conservación

de la diversidad natural y cultural, debido a que pertenece al área de amortiguación del Parque Provincial Ischigualasto, declarado Patrimonio de la Humanidad (UNESCO).



Foto 1: Sitio degradado al NE del área de estudio

Se observa pérdida de cobertura vegetal, evidenciada por la presencia de tocones de *Prosopis sp.*, erosión en surcos y laminar y plantas en pedestal, Octubre de 2006

En este trabajo se estudia el problema de la degradación en distintos niveles de información y a diferentes escalas, generando indicadores de estado para cada nivel estudiado, se seleccionan indicadores estableciendo criterios apropiados a los objetivos propuestos y en función de la utilidad esperada para comprender el problema de degradación de tierras en la zona de estudio. Se espera realizar aportes metodológicos y conceptuales para la acción sobre los factores que favorecen los procesos de degradación de las tierras áridas, tanto para planes de manejo regionales como para las comunidades rurales afectadas en el área de estudio, de tal manera que puedan ser discutidos los conocimientos adquiridos para evitar o disminuir la extensión y magnitud de las áreas degradadas o su recuperación en función de la información disponible.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Identificar, caracterizar y jerarquizar los estados de degradación en un área representativa de las bajadas áridas de la vertiente oriental de las Sierras de Valle Fértil – La Huerta, sobre la base de indicadores relacionados a estructura, composición y distribución de la vegetación; factores edáficos y geomorfológicos, y al uso actual del suelo, e integrando las diferentes escalas de trabajo.

Objetivos específicos

- ✓ Definir unidades homogéneas en el área de estudio sobre la base del procesamiento digital de imágenes satelitales y relevamientos de campo detallados de geomorfología - suelo – vegetación, para la caracterización socio ambiental del área de estudio.
- ✓ Identificar, caracterizar y jerarquizar los estados de degradación, generando información espacial georreferenciada e integrando los datos de campo con los datos espaciales.
- ✓ Seleccionar indicadores relacionados a composición, estructura y distribución de la vegetación, factores edáficos y geomorfológicos y el uso actual del suelo en base a la correlación de los datos según tipo / intensidad de degradación con los tipos de uso actual de la tierra.

1.4 Hipótesis

La degradación de tierras áridas, semiáridas y subhúmedas (con períodos secos) es un proceso complejo que involucra al medio físico, biológico y sociocultural y que puede ser caracterizado sobre la base de indicadores reconocibles y medibles a distintas escalas de trabajo.

Se espera que

- ✓ Sobre la base de un conjunto pequeño de indicadores pueda ser caracterizado el estado de degradación del sistema ambiental estudiado
- ✓ Los indicadores organizados jerárquicamente conformen un modelo sintético que permita comprender la degradación en la zona de estudio a distintas escalas de interés.

1.5 Ubicación y descripción general del área de estudio

El área de estudio pertenece a la cuenca de Balde del Rosario y sectores adyacentes (figura 1); está constituida en el sector superior por basamento metamórfico e intrusivo, mientras que el sector inferior ocupa una región de relieve suave, integrado por llanuras aluviales de los ríos secos del sistema de la Chilca, con marcada pendiente al sureste (Zambrano, 1997).

El clima dominante según la clasificación climática de Koëppen es el BWw, desértico con concentración estival de las precipitaciones, que en la provincia de San Juan se extiende desde

los 800 a los 3300 m.s.n.m. (Poblete y Minetti, 1999). Para el área de estudio existen registros pluviométricos y de temperaturas de series temporales cortas, un análisis de estos datos se presenta en el Capítulo 2. En general el área presenta precipitaciones estivales y considerable amplitud de las temperaturas diarias y estacionales; según Zambrano (1997) la temperatura media anual es de 16° a 17°, variando de 44° en verano y 8° en invierno, siendo estos últimos relativamente cortos y benignos.

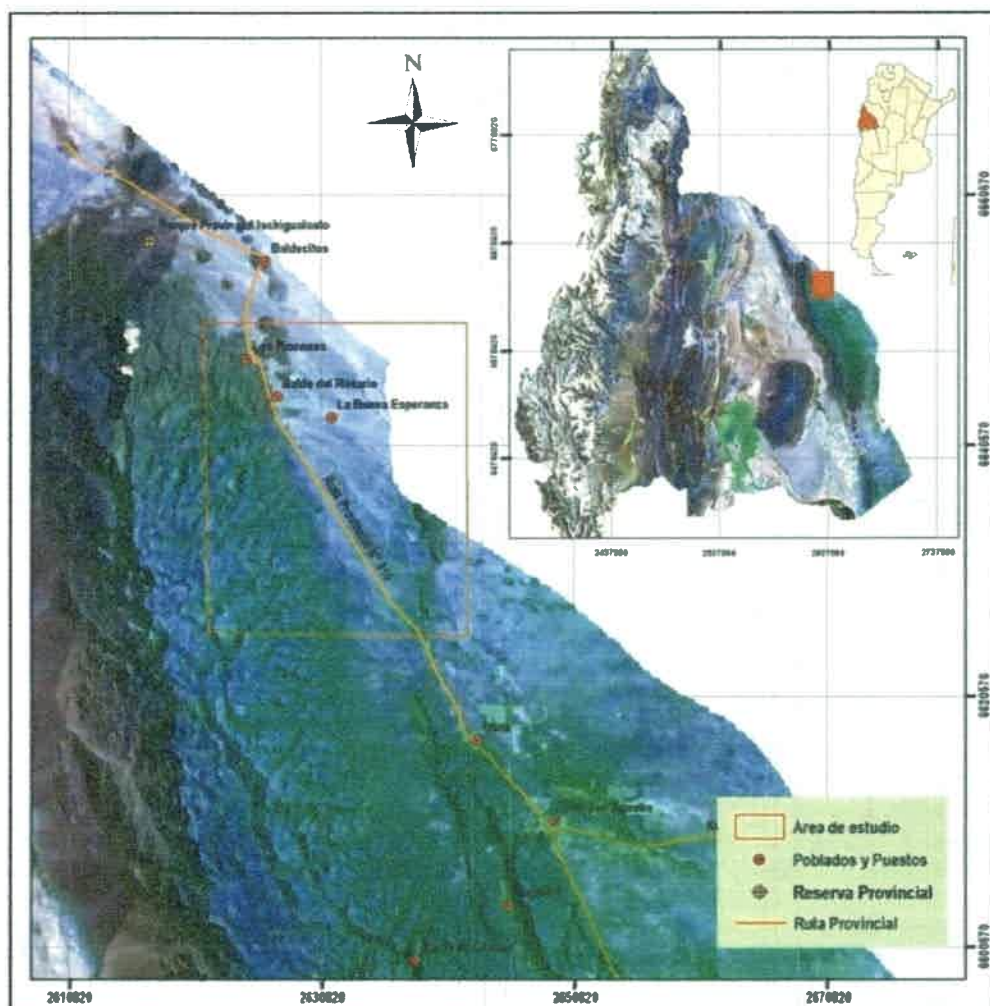


Figura 1: Área de estudio

Los suelos son de origen aluvial y eólico provenientes de la ladera oriental de la sierra. En su mayoría corresponden al orden de los Entisoles, y a los subórdenes Fluvents y Psamments, característicos de zonas áridas (Moscatelli et al., 1987). En cuanto a la textura, son franco-arenosos, poco arcillosos y con abundante mica, presentando una buena permeabilidad sin problemas de drenaje. En la zona puede observarse erosión laminar, en surcos y en cárcavas.



Biogeográficamente el área de estudio pertenece a la provincia Fitogeográfica del Monte (Cabrera, 1994). La fisonomía corresponde a un matorral xerófilo de 1,50m a 1,80 m de altura, con especies tales como *Larrea cuneifolia*, *L. divaricata*, *Lycium div. sp.*, *Tricycla spinosa*, *Geoffroea decorticans*. En algunas áreas de poca pendiente y con presencia de suelos de texturas arenosas a areno-arcillosas se encuentran zampales de *Atriplex div. sp.* Geomorfológicamente, corresponde a la cuenca de Balde del Rosario y a sectores adyacentes a la misma. Los cauces que se observan en el piedemonte son de carácter temporario. Una parte de la esorrentía es aprovechada para el regadío de parcelas de cultivo, localmente llamados “bañados” y otra se almacena en represas artificiales, para luego ser utilizada por el ganado durante el año (Andino et al., 2001). Las principales actividades económicas en la zona son la explotación bovina de cría y caprina de subsistencia.

2 CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA E HIDROLÓGICA

2.1 *Introducción*

A distintas escalas, el relieve constituye un factor esencial en los estudios de la dinámica ambiental, por lo que su caracterización constituye el fundamento de la clasificación del paisaje (Sayago, 1982). El reconocimiento de unidades geomorfológicas tiene particular importancia al momento de inventariar otros elementos o caracterizar procesos que ocurren en el medio físico, tales como erosión del suelo, pérdida de cobertura vegetal y distribución de bañados o de represas, entre otros, y en esto radica la importancia de caracterizar un área desde los aspectos geomorfológicos e hidrogeológicos para la identificación de unidades fisiográficamente homogéneas y de los procesos que en ellas ocurren.

En el área de estudio, los procesos morfodinámicos y morfogénicos son de naturaleza aluvial y han modelado las formas del terreno. Las características físicas y biológicas hacen a la respuesta hidrológica de la cuenca y condicionan los fenómenos de escorrentía superficial, infiltración y erosión hídrica que ocurren en la misma (Vich, 1999). Existen índices y representaciones gráficas derivados del análisis hipsométrico, que permiten comprender la situación de un área en particular. En el mismo sentido, la caracterización de algunos parámetros sobre la morfometría de la red de drenaje de una cuenca aporta elementos para su análisis, permitiendo hacer consideraciones sobre su estado.

En este capítulo se presentan las unidades homogéneas identificadas a escala 1:50000 y caracterizadas sobre la base de un criterio geomorfológico. Se desarrolla además la caracterización del régimen hídrico en el área de estudio sobre la base del análisis hipsométrico y la determinación de características morfométricas de la red de drenaje utilizando un MDT y los datos de precipitaciones disponibles.

2.2 *Recursos y método*

Para el presente capítulo fueron utilizados:

- a) Fotografías aéreas escala 1:50.000, vuelo 1980.
- b) Una imagen Landsat ETM, escala 1:100.000, órbita 231 081, fecha noviembre de 2001.
- c) Software de procesamiento digital de imágenes satelitales.
- d) Software de procesamiento digital de datos altimétricos.

- e) Software para manejo en entorno S.I.G. de los niveles de información y la edición de mapas.
- f) Cartas topográficas Amaná (C3166-6) y Usno (3166-12) del Instituto Geográfico Militar (IGM) a escala 1:100.000.
- g) Datos pluviométricos

2.2.1 Mapa geomorfológico

Para la elaboración del mapa geomorfológico se utilizó la clasificación propuesta por Sayago (1982). En éste, se presenta una revisión de las clasificaciones de los siguientes autores: Tricart (1969); Crhistian y Stewar (1968); Laut et al. (1977) y Haase (1976). Para Sayago (1982), el sistema propuesto coincide en algunos aspectos con el del S.C.I.R.O, creado por Laut y colaboradores en 1977, especialmente en los términos utilizados. En este estudio se utilizó las categorías propuestas por Sayago para la elaboración del mapa geomorfológico, llegando a nivel de unidad geomorfológica (escala 1:30000 a 1:100000).

Para la fotointerpretación se empleó la banda pancromática (banda 8, resolución espacial: 15 m), con el apoyo de las fotografías áreas y una combinación RGB de la misma imagen. Las unidades geomorfológicas fueron interpretadas en pantalla digitalizando los polígonos en cuatro categorías. Los criterios utilizados para la identificación y el mapeo de las unidades geomorfológicas fueron textura, tono y patrón espacial de distribución en las imágenes y en las fotografías aéreas.

2.2.2 Modelo digital de terreno

A partir del Modelo Digital de Terreno (MDT) generado por la NASA sobre la base de interferometría radar (Misión Radar Topográfica, trasbordador espacial Space Shuttle (SRTM), febrero de 2000), se obtuvo la sub escena del área de estudio. En la cartografía en papel de IGM el área abarca dos cartas topográficas: Amaná y Usno. Sobre la base del procesamiento digital de imágenes se generó una carta altimétrica correspondiente a cuatro cartas del IGM, escala 1:100.000.

2.2.3 Análisis del régimen hídrico en la zona de estudio

Para la obtención de parámetros de relieve generales se realizó el tratamiento digital del MDT y luego se realizó el análisis de los datos pluviométricos disponibles. En términos generales se siguen los lineamientos desarrollados para el estudio de cuencas por Vich (1999).

2.3 Resultados y discusión

2.3.1 Mapa geomorfológico

Fueron identificadas cuatro unidades geomorfológicas sobre la base de la fotointerpretación que constituyen las unidades homogéneas para el desarrollo del trabajo de campo y el procesamiento digital. En todos los casos las unidades ocupan cotas que van entre los 1250 m.s.n.m a los 1100 m.s.n.m. En la tabla 2 se presenta la clasificación de las unidades mapeadas y en la figura 2 el mapa geomorfológico.

Tabla 2: Clasificación geomorfológica de las unidades mapeadas.

Provincia Geomorfológica	Región Geomorfológica	Asociación Geomorfológica	Unidad Geomorfológica	Litología (L) Edad (E)
A. Sierras Pampeanas	A.1 Sierra Valle Fértil La Huerta	A.1.1 Vertiente oriental Sa. Valle Fértil	Indiferenciado	L: Metamorfismo de compresión de alto grado. E: Precámbrica
		A.1.2 Cerros Aislados Basálticos	Indiferenciado	L: Rocas basálticas E: Mesozóica
		A.1.3 Bajada Pedemontana	A.1.3.1 Nivel Agradacional Superior A.1.3.2 Nivel Agradacional Intermedio A.1.3.3 Nivel Agradacional Inferior A.1.3.4 Arroyos y Cauces Intermitentes	L: materiales de la meteorización del cordón serrano. E: Cuaternario

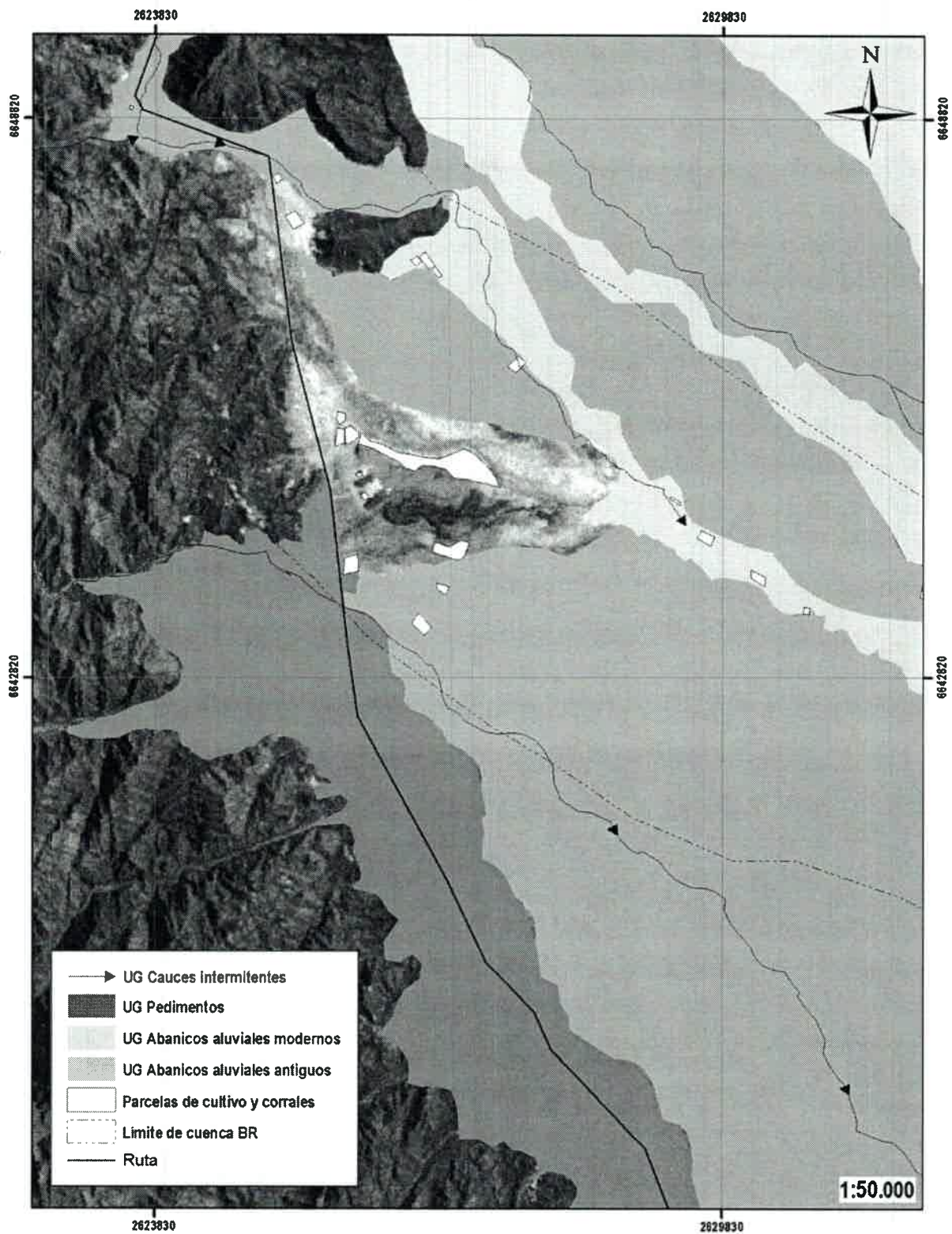


Figura 2: Mapa de unidades geomorfológicas (UG)

Caracterización de las categorías

A. Provincia geomorfológica SIERRAS PAMPEANAS

Está ubicada al oeste de la provincia de San Juan. Son serranías asimétricas, con elevaciones mayores al oeste debido a la gran fractura regional que las originó. Corresponden a una unidad morfoestructural originada por un proceso tectónico con metamorfismo de compresión de alto grado. Posteriormente toda la sierra fue afectada por un tectonismo de fallamiento, dando lugar a un tectonismo de bloques dominantes. En cuanto a la edad de estos procesos, varios autores coinciden en que son de edad Precámbrica. Linares (1968) propone que los procesos metamórficos habrían tenido su fin en el Triásico. En Varela (1998) se presentan como de edad Eopaleozoica. Suvires et al. (2001) propone que este sector corresponde al dominio geomórfico del ambiente montañoso. Este dominio se encuentra dividido en tres regiones en función de la litología, la estructura, el clima y la morfología, estas son: I) Región occidental, II) Región central y III) Región oriental. El sector de la Sa. de Valle Fértil corresponde a la Región oriental o de las Sierras Pampeanas, cuyas alturas medias oscilan entre los 1.500 y 2.500 m. Toda el área de estudio corresponde a esta Provincia geomorfológica.

A.1 REGIÓN GEOMORFOLÓGICA SIERRA DE VALLE FÉRTIL LA HUERTA

En general, las sierras están surcadas por quebradas y cauces secos que siguen la estructura geológica, presentando la red dendrítica dos direcciones dominantes: NNO y SSE (Aparicio, 1984). Conforman una unidad morfoestructural diferenciada en dos bloques: uno occidental o principal, denominado Sa. de Valle Fértil - La Huerta, y otro secundario representado por cuerpos menores alineados, que de norte a sur reciben el nombre de Loma del Puesto, Loma Rana, Loma Negra, Co. Pan de Azúcar, Sa. de Usno (Varela et al., 1998).

A.1.1 Asociación geomorfológica vertiente oriental de la Sa. De Valle Fértil, Cuenca Superior Balde del Rosario

La asociación corresponde a un conjunto de bloques de basamento metamórfico e intrusivo en su mayor parte precámbrica, y en parte posiblemente paleozoica, alargados de SSE a NNO (Zambrano, 1997). La sierra de Valle Fértil - La Huerta constituye una barrera topográfica para los vientos húmedos provenientes del Atlántico, otro proceso tiene lugar al chocar masas de aire frío del sur y las de aire caliente y seco que soplan desde el norte, en estas condiciones las precipitaciones se tornan violentas y de corta duración, en consecuencia la

asociación correspondiente a la vertiente oriental se caracteriza por presentar mayor humedad y mayores porcentajes de cobertura vegetal.

A.1.2 Asociación geomorfológica cerros aislados basálticos en la cuenca Balde del Rosario

Esta asociación está integrada por rocas basálticas, de edad mesozoica, cuyas extensiones no superan los 20 km², y su altitud varía entre los 1000 m.s.n.m. y los 1400 m.s.n.m. aproximadamente, configurando un ambiente de lomas altas de relieve relativamente redondeado, que parecen estar vinculados a centros eruptivos volcánicos; los actuales afloramientos serían los restos de estos aparatos (Zambrano, 1997). En el área, la asociación está representada por los cerros: Rincón Grande (1409 m.s.n.m.) y Chimo (1296 m.s.n.m.), además de otras serranías menores, como el Mogote Pelado.

A.1.3 Asociación geomorfológica Bajada Pedemontana Cuenca Balde del Rosario

La caracterización de esta asociación y sus unidades geomorfológicas es importante por dos motivos: a) los procesos de degradación de tierras estudiados ocurren en ella, y b) las actividades económicas de la zona ocurren en esta asociación, con excepción de la cría de ganado vacuno en la época de baja disponibilidad forrajera (otoño, invierno, primavera).

Se ubica entre la Sierra de Valle Fértil, al oeste, y la Falla de Valle Fértil. Toda la asociación geomorfológica forma parte de la cuenca de agua subterránea del Gran Bajo Oriental. Es una depresión tectónica rellena por una secuencia fluvial - aluvial, depositada por los cursos hídricos que descienden de las sierras, constituyendo una unidad

La depresión está formada por rellenos cuaternarios indiferenciados. Estos depósitos modernos cubren los terrenos del basamento o los del Mesozoico. Está integrada por materiales provenientes de la meteorización del cordón serrano, cuya granulometría varía desde bloques y rodados tamaño grava mediana a gruesa a arenas, limo y matriz arcillosa (Varela et al., 1998). Las arenas son cuarzos o feldespatos, generalmente micáceos. Las gravas están formadas por rodados derivados del basamento metamórfico. Existen pocos depósitos derivados de la erosión de los terrenos triásicos o de los basaltos mesozoicos, entre ellos algunos componentes tufíticos. El ambiente está configurado por depósitos de ambiente aluvial, con cierta participación eólica (Zambrano, 1997)

El agua contenida en ellos proviene de la infiltración directa de las transportadas por los ríos y arroyos temporarios, y de los alimentados por manantiales ubicados en sus cabeceras; todas

las escorrentías de manantiales se infiltran antes de llegar a la bajada pedemontana. La pendiente regional sigue una dirección predominante de noroeste a sudeste, y no supera el 1 % en promedio. El sector que ocupan las unidades geomorfológicas corresponde a una bajada pedemontana con dos planos aluviales: uno antiguo y otro moderno. (Varela et al., 1998).

Unidades geomorfológicas de la Asociación

A.1.3.1 Unidad geomorfológica nivel agradacional superior de la Cuenca Balde del Rosario (pedimentos)

El primer plano aluvial, más antiguo, está representado por terrazas adosadas al frente montañoso. Ocupa las posiciones topográficas más elevadas, con una pendiente variable entre 2,9 % y 5,9 %, o bien como relictos en el siguiente nivel aluvial. Se presenta recortado por cursos amplios y profundos e interfluvios planos y extensos (Varela et al., 1998).

El segundo plano aluvial ocupa las posiciones topográficas más bajas, está representado por conos aluviales que debido a la coalescencia lateral forman una planicie continua cuya pendiente es de aproximadamente del 1%. El espesor de este aluvión moderno se estima en varias decenas de metros. (Varela et al., 1998).

Para el segundo plano aluvial se identificaron tres unidades geomorfológicas sobre la base de textura y tono de la imagen y de la foto aérea, que se detallan a continuación.

A.1.3.2 Unidad geomorfológica nivel agradacional intermedio de la Cuenca Balde del Rosario (abanicos aluviales antiguos)

En estos sectores deprimidos existe una mayor riqueza florística, se encuentran: *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, *Celtis tala* y *Geoffroea decorticans*; entre los arbustos se destacan *Larrea cuneifolia*, *Larrea divaricata*, *Lycium chilensis*, *Condalia microphylla*, *Alloysia gratissima* (Marquez et. al. 1997). Esta unidad, en la zona de estudio, corresponde principalmente a “jarillales”, y en la imagen se expresa con tonos oscuros.

A.1.3.3 Unidad geomorfológica nivel agradacional inferior de la Cuenca Balde del Rosario (abanicos aluviales modernos)

Esta unidad ocupa las zonas bajas o depresiones de la llanura aluvial, es común la presencia de una estepa halófila característica de los suelos salobres (Dalmasso y Márquez, 1999) En estas áreas el drenaje es deficiente, ocurre el depósito de sales en los suelos por evaporación



de las aguas superficiales, lo que determina la presencia de grandes extensiones de zampales de *Atriplex argentina*, algunos de ellos con coberturas del 45% - 50%.

A.1.3.4 Unidad geomorfológica arroyos y cauces intermitentes

En los numerosos ríos secos se encuentran comunidades con árboles de gran porte como *Prosopis flexuosa* y *Celtis tala* que alcanzan los 4 a 5 m de altura, ubicados generalmente en los márgenes de los cursos de agua e indicando agua subterránea alrededor de los 18 m.

Rasgos geomorfológicos: morfodinámica y morfogénesis

Como se citó anteriormente, hacia el este de la provincia, en el sector que corresponde al área de estudio, se encuentran relieves que pertenecen a unidades geológicas del basamento metamórfico y entre estos relieves positivos se han formado depresiones tectónicas, como es el Gran Bajo Oriental. Estos ambientes constituyen niveles de base de erosión local (salinas y barreales). Esta topografía, de elementos positivos y depresiones intermontanas, se repite en la provincia, donde se identifican procesos erosivos de diferentes edades, siendo el de mayor grado el correspondiente a las Sierras Pampeanas (Suvires et al., 2001). En cuanto a la morfocronología, en el área de estudio se encuentran relieves elaborados sobre afloramientos de distintas edades: Precámbrica, Mesozoica y Cuaternaria.

En la zona de estudio se observan fuertes procesos erosivos en las unidades identificadas. Puede reconocerse: erosión laminar o mantiforme, en surcos y en cárcavas.

La erosión laminar es originada por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo, sin cobertura vegetal (Varela et al., 1998). La presencia de plantas en pedestal correspondería a este tipo de erosión, estos procesos en la zona se ilustran en Foto 2 a) y b). La primera corresponde a un matorral de *Atriplex argentina* (“zampa”) degradado, con presencia de efímeras y tocones de *Prosopis flexuosa* (“algarrobo”). La segunda corresponde a un matorral donde se encuentra un estrato único de *Larrea divaricata* (“jarilla”). Las características mencionadas para estas dos unidades constituyen claros indicadores cualitativos de la degradación en la zona, y se desarrollan como parámetros cuali y cuantitativos en los siguientes capítulos.

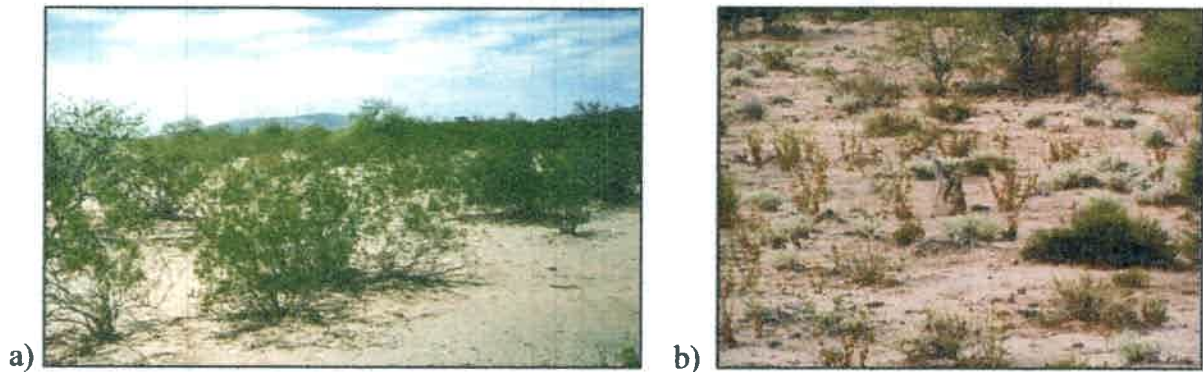


Foto 2: Erosión laminar a) jarillal; b) zampal en el sur del Mogote

(Octubre de 2005)

La erosión por escurrimiento en surcos en el área es ocasionada por agentes como el ganado que en su desplazamiento de un lugar a otro destruye el suelo. Las sendas de circulación dejadas por éstos, como así también caminos o huellas en desuso y los terraplenes de los actuales caminos favorecen la concentración del escurrimiento. En la foto 3 a) se ilustra un matorral de *A. argentina* con presencia de surcos de erosión, en b) un surco en detalle

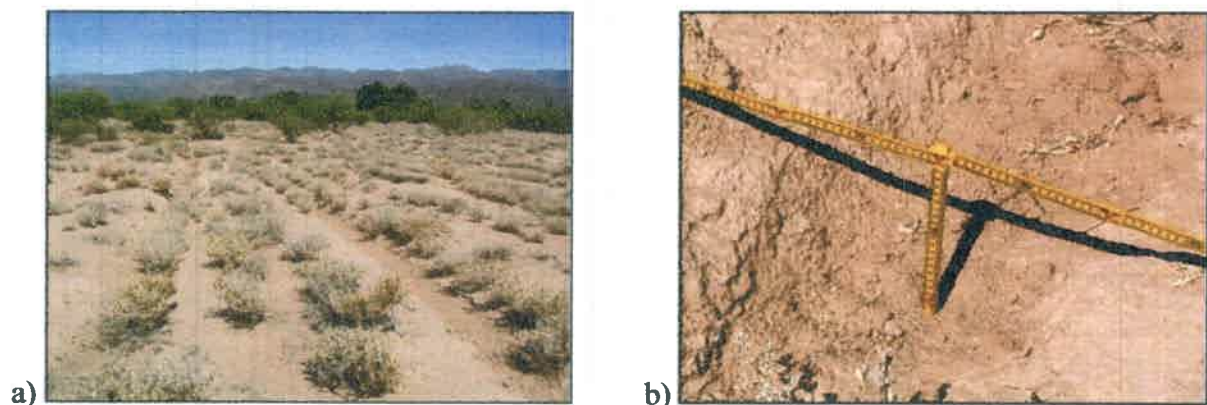


Foto 3: Erosión en surcos a) zampal de *Atriplex argentina*; b) surco en detalle

Sur del Cerro Chimo. (Octubre de 2005).

La erosión por escurrimiento en cárcavas (Foto 4) es una erosión en surcos avanzada, siempre retrocedente y que disecta tan profundamente el suelo que el terreno no puede nivelarse con instrumentos de labranza ordinarios (FAO, 1992). A partir de este estadio se produce el colapso y retroceso de las paredes de la cárcava por remoción, profundización y erosión retrocedente de las cabeceras. Otros efectos de estas erosiones es la pérdida de banco de semillas por arrastre, observándose los renuevos por raíz.

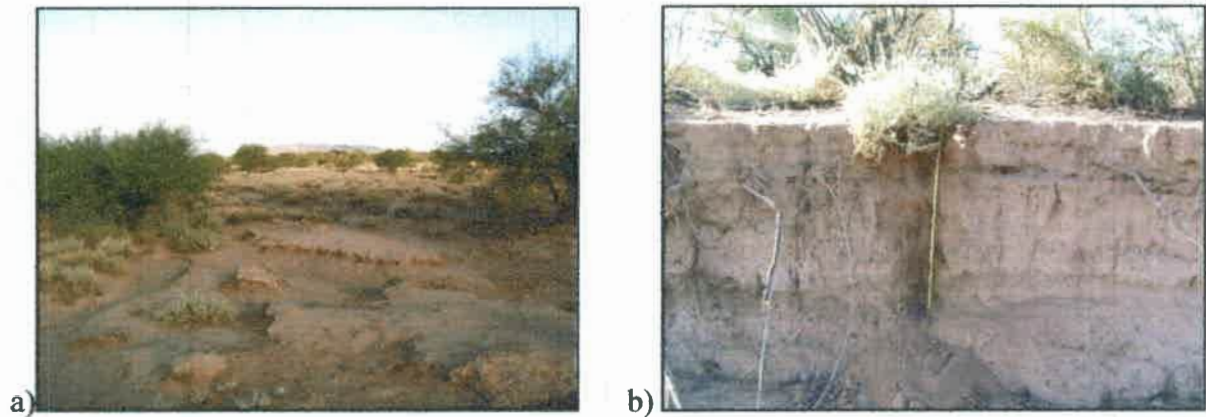


Foto 4: Erosión en cárcavas. Estancia La Buena Esperanza

(Octubre de 2002)

2.3.2 *Modelo Digital de Terreno*

A partir del Modelo Digital de Terreno se obtuvo la sub escena del área de estudio, generando a partir de la misma la carta altimétrica de la zona.

Se validó el resultado obtenido con las cartas del IGM extrayendo puntos de control a través de una transecta norte-sur y otra este-oeste para cada carta. Con los puntos de control se calculó la diferencia absoluta entre las cotas medidas en la carta y las determinadas en el MDT (SRTM). Sobre un total de 75 puntos resultaron rechazados 13, identificados utilizando el criterio de Chauvenet para la detección de errores groseros. Los puntos aceptados arrojaron un error medio promedio de 2,62 metros, con intervalo de confianza del 95%.

En la figura 3 se presenta un sector del MDT con la superposición de las curvas de nivel generadas para el área de estudio.

2.3.3 *Análisis del régimen hídrico en la zona de estudio*

A partir del tratamiento digital de los datos del MDT se generaron y analizaron la curva hipsométrica y el orden de cauces para la sub escena, se analizó además parámetros de suelo, clima y pendiente sobre la base de otros datos disponibles.

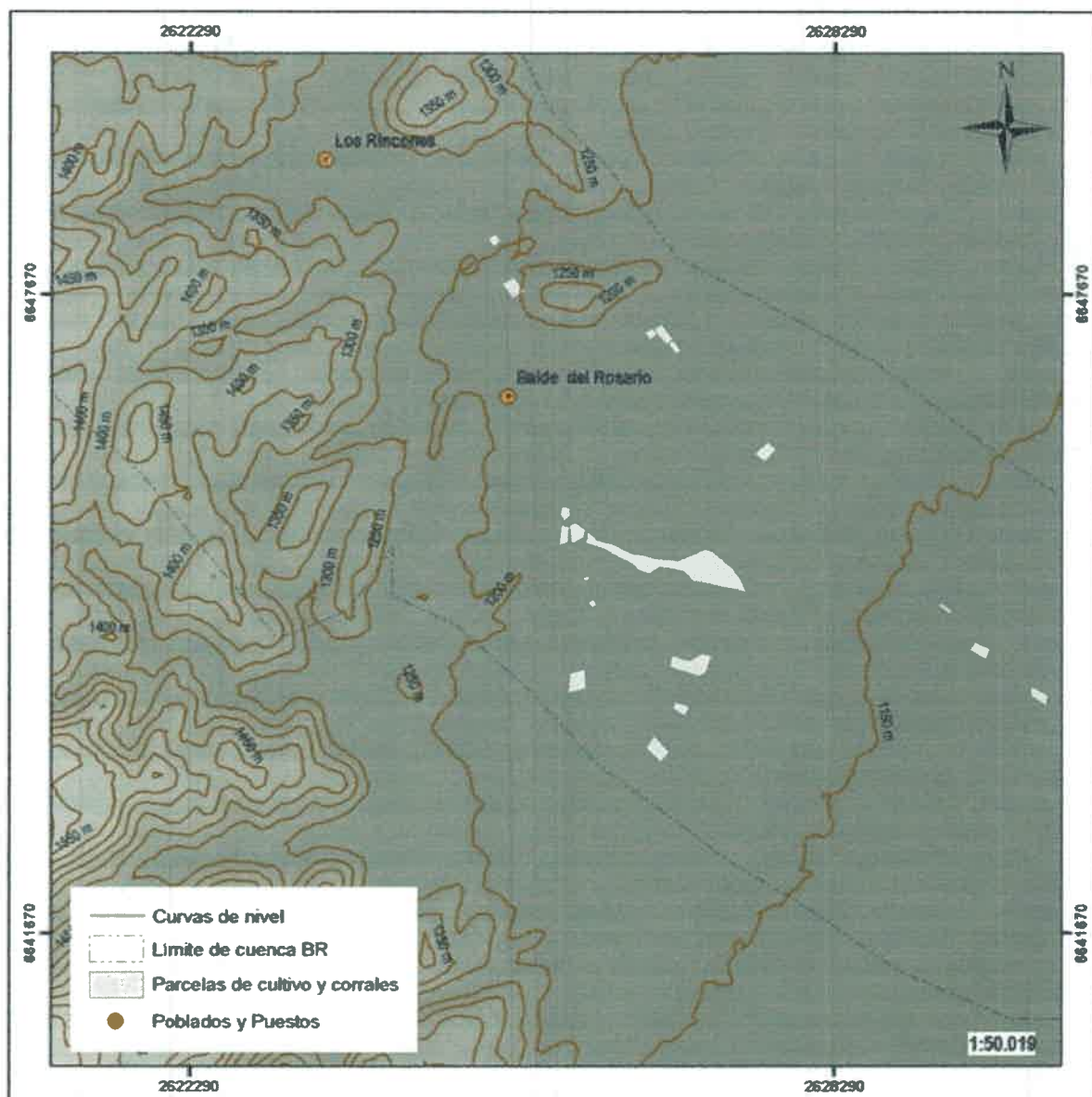


Figura 3: Un sector del MDT con superposición de las curvas de nivel

Curva hipsométrica del área de estudio

La curva hipsométrica o curva área-elevación es un parámetro que relaciona área y altimetría, permitiendo caracterizar el relieve de forma gráfica (Vich, 1999; Eugenin Aguilar, 2004). El total de píxeles, cuyo valor indica la altitud del terreno que representa, fueron ordenados en 10 fajas hipsométricas. En la tabla 3 se presenta el reporte generado por el software. En la figura 4 se presentan dos curvas obtenidas a partir de los datos de altitud, en la primera área relativa vs. altura relativa y en la segunda área vs altitud.

Tabla 3: Reporte de altura generado para el total de píxeles en 10 fajas hipsométricas

Valor digital	N° de datos	Total	Porcentaje	% Acumulado
1011.8705	24821	24821	33.6613%	34.5340%
1111.6824	24651	48868	34.2961%	67.9884%
1248.8471	8296	57164	11.5419%	79.5303%
1386.0118	5014	62178	6.9758%	86.5061%
1523.1765	3026	65204	4.2100%	90.7161%
1660.3412	2610	67814	3.6312%	94.3473%
1797.5059	1805	69619	2.5112%	96.8585%
1934.6706	1879	71498	2.6142%	99.4727%
2071.8353	378	71876	0.5259%	99.9986%
2209.0000	1	71877	0.0014%	100.0000%

Altura mínima: 956 m; altura máxima: 2209 m; media: 1246 m; desviación estándar: 277 m

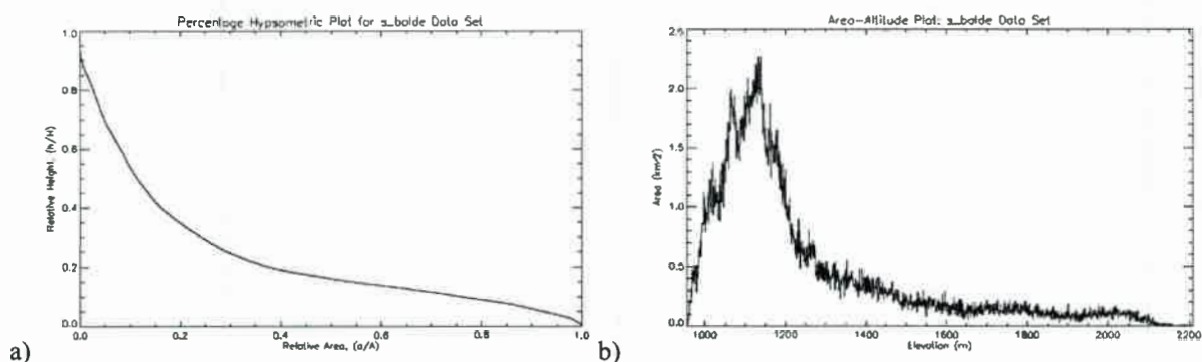


Figura 4: Curvas hipsométricas. a) Área relativa vs. altura relativa; b) área vs. altitud

Del análisis de la tabla 3 y de la figuras 4 a y b surge la siguiente información:

- La altura máxima en la zona es de 2071 m.s.n.m. y la altura mínima es de 956 m.s.n.m.
- El 86% de la superficie se encuentra por debajo de los 1350 m.s.n.m., la superficie restante corresponde a las serranías bajas que circundan el área de estudio.
- Según la caracterización de Milton (1979), referida al grado de evolución del relieve de una cuenca, la curva correspondería a un relieve de tipo residual, debido a que el área por debajo de la curva hipsométrica es menor al 35%; y la pendiente abrupta de la

curva entre los 1.100 m.s.n.m. y los 1.350 m.s.n.m. indicaría el relieve llano típico de la bajada pedemontana en el área de estudio.

Orden de cauces del área de estudio

El análisis cuantitativo de red hidrográfica del área de estudio se basa en la clasificación de Horton Strahler (1945, 1975). Ésta propone un sistema de clasificación y jerarquización de canales donde:

- Los canales de primer orden son los originados en fuentes o nudos externos que son las cotas superiores.
- Un canal de orden superior aguas abajo se origina en la unión de dos canales del mismo orden.
- En la unión de dos canales de distintos orden interior se origina otro canal que conserva el mayor de los órdenes.
- El orden de la red está dado por el canal de mayor orden.

Conocer el orden de una cuenca implica poder determinar el grado de madurez de la cuenca y el potencial de erosión del suelo. Un mayor cantidad de canales de orden 1 indica una cuenca más joven y mayor el grado de erosión (Sheng, 1992). En la tabla 4 se presentan los datos obtenidos a partir del tratamiento digital del MDT. En la figura 5a se presenta la red de canales, en ella se indica el orden de cada canal con colores que se detallan en las referencias, a partir de este archivo se generó la red hidrográfica para el área de estudio exportándolo a formato shape (Figura 5 b).

Tabla 4: Determinación de orden de canales en la subescena

Orden	Número	Promedio (km)
1	937	0.594
2	406	0.723
3	249	0.756
4	160	0.817
5	39	0.662

Área de la Cuenca analizada: 155.16449 (km²). Orden mayor de Strahler: 5. Magnitud máxima de la red: 267. Diámetro máximo de la red: 52. Longitud del canal mas largo: 38 (km).

El orden de Strahler del área de estudio es 5 (tabla 4; figura 5), el total de canales de orden 1 y 2 representan 75%, lo que sugiere un área con altos niveles de drenaje, indicando un relieve joven y con procesos de erosión vigentes.

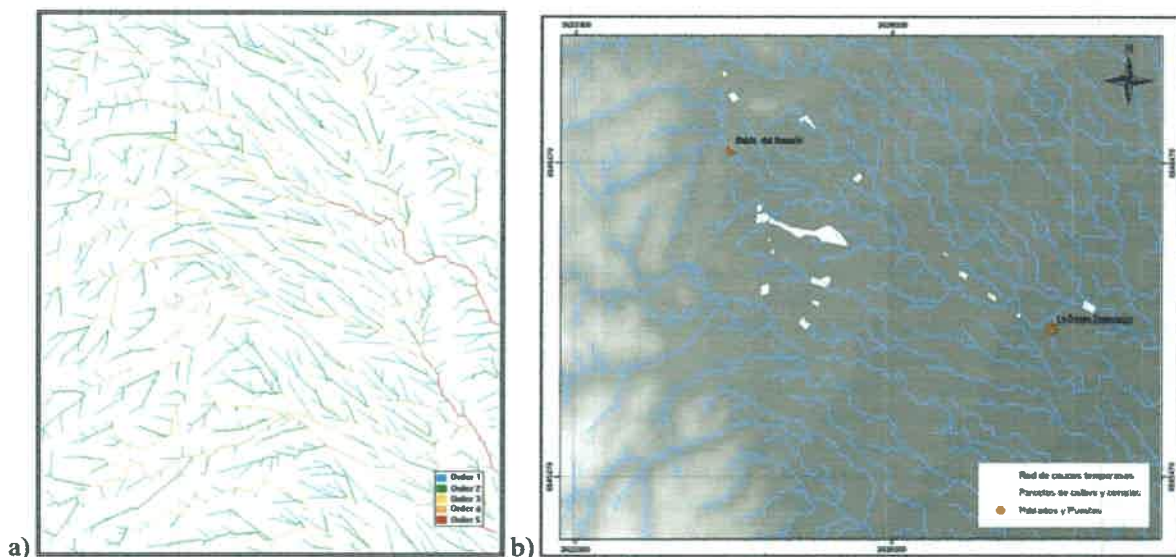


Figura 5: a) Red de canales representando el orden del área de estudio; b) el MDT con superposición de la red de cauces temporarios exportada a partir de a)

Pendiente media del área de estudio

Este parámetro es útil como una aproximación simple considerando que la velocidad de la escorrentía y la duración de la concentración de las aguas superficiales están relacionadas con la pendiente. La zona está constituida en el sector superior por basamento metamórfico e intrusivo; el sector inferior ocupa una región de relieve suave, integrado por llanuras aluviales de los ríos secos del sistema de la Chilca, con marcada pendiente al sureste (Zambrano, 1997). La pendiente regional sigue una dirección predominante de noroeste a sudeste, con un promedio que no supera el 1 % (Varela et al., 1998). En trabajos anteriores realizados en la zona de estudio se tomaron datos de pendiente con clinómetro, con valores alrededor de 1 % en todos los casos, variando entre 0,5% y 1,5% (Andino et al., 2001). En términos generales puede decirse que la pendiente en la bajada pedemontana no supera el 1%, lo que indica un relieve poco pronunciado.

Suelos

Estudios anteriores en la zona (Andino et al., 2001) indican que los sedimentos de la Bajada Pedemontana pertenecen a materiales provenientes de la ladera oriental de la sierra de Valle Fértil- La Huerta, compuestos por rocas metamórficas que van desde arenas gruesas a arcillas y que coincide con el sentido predominante de las pendientes locales, disminuyendo de NO a SE y de O a E, indicado en el terreno por la presencia en la zona de:

Arenas Gruesas: se encuentran en el borde del contacto sierra- llanura y en el talwed de los ríos secos principales de la Bajada Pedemontana, como es el Río de la Vaca Blanca, identificado en distintos tramos como de órdenes 4 y 5.

Suelos Franco- limosos: se observan en zonas más alejadas de la sierra, al este de la ruta provincial N° 510, y comprende una extensión mayor, son las zonas aprovechadas para el cultivo en bañados.

Suelos Arcillosos: son los más alejados de la sierra y poseen una menor pendiente.

Se tomaron 6 muestras para conocer la textura del suelo en sitios representativos de las distintas situaciones de erosión hídrica presentes en la zona (tabla 5).

Tabla 5: Resultados del análisis de textura del suelo (realizados en IADIZA)

Muestreo	1	2	3	4	5	6
Textura	FAfA	FA	FAr	FA+AL	FArA	FArL

FAfA: textura franco arenoso fino – arcilla; FA: franco arenoso; FAr: franco arcilloso; FA+AL: franco arenoso más arcilla y limo; FArA: franco arcilloso más arena; FArL: franco arcilloso más limo

Siguiendo la clasificación de agrupamientos texturales (U.S.D.A.), estos resultados sugieren que los suelos de la Bajada Pedemontana de la Cuenca de Balde del Rosario presentan texturas moderadamente gruesas a muy finas, correspondiendo a áreas susceptibles de ser altamente a ligeramente erosionables.

Clima

Entre las variables climáticas analizadas se encuentran las precipitaciones. Para el área de estudio existen registros pluviométricos y de temperaturas de series temporales cortas (tabla 6). Los datos continuos más próximos corresponden a la estación de San Agustín de Valle Fértil, la precipitación media anual es de 236.55 mm (Vaca et al., 1977). La precipitación

media anual es de 181 mm (De Fina et al., 1962), siendo 100 mm el registro para el trimestre mas caluroso y 8 mm para el trimestre mas frío. Se cuenta además con datos de un pluviómetro instalado por el Instituto Nacional del Agua (INA), localizado en la plaza de Balde del Rosario desde noviembre de 2000. Estos registros pluviométricos fueron tomados por la observadora Vanesa Vega, vecina de la localidad. El registro presenta algunas interrupciones de lectura.

Tabla 6: Registros pluviométricos disponible para la zona

Serie temporal	Precipitación media anual	Mínima	Máxima	Fuente
1968-1975	236.55	84.1	389.9	Vaca et al. (1977)
1941-1950	181	-	-	De Fina, et al. (1962)
2001-2002	192.55	149.4	235.7	INA
2005-2005	104	104	104	INA

Se analizan los registros de los años 2001, 2002 y 2005, dado que para estos años se cuenta con los datos completos. Los valores anuales totales se presentan en la figura 6. Los valores mensuales para la serie 2001, 2002, 2005 (INA) se presentan en la figura 7.

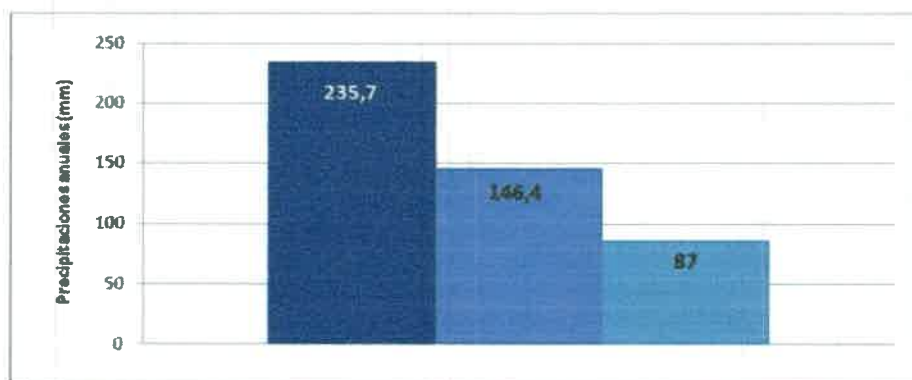


Figura 6: Precipitación anual para los años 2001, 2002 y 2005

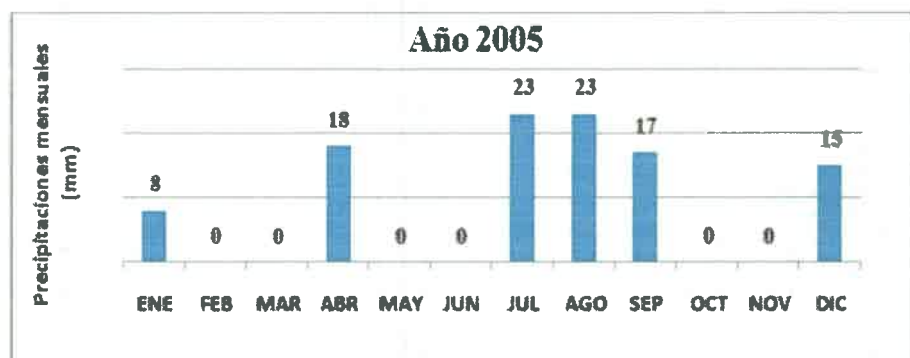
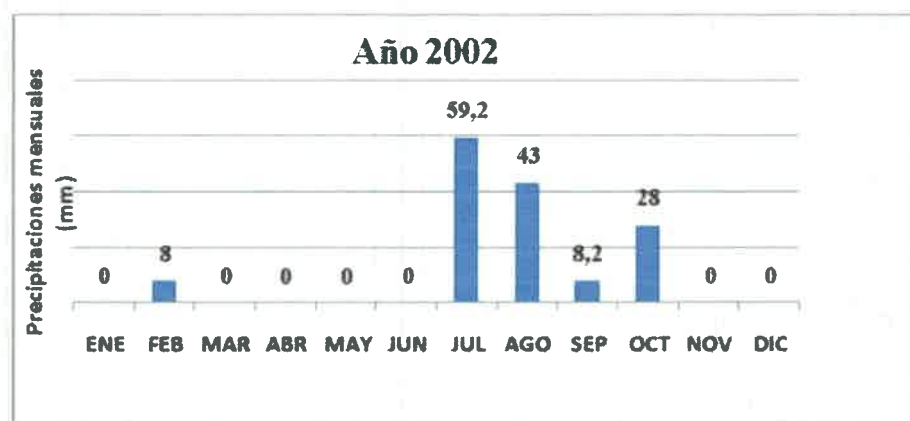


Figura 7: Precipitaciones mensuales para los años 2001, 2002 y 2005

Las precipitaciones del periodo analizado presentan, de modo general, las características del régimen de las zonas áridas: gran variabilidad interanual y estacionalidad, la concentración estival de las precipitaciones se presenta para uno de los años de registro solamente.

El año 2005 es el más seco de los analizados, con 87 mm de precipitación anual, donde el valor estuvo por debajo de la media histórica citada (181 mm, De Fina et al., 1962). Los valores restantes mantienen la variabilidad interanual, variando entre 146,4 mm y 235,7 mm.

El patrón de lluvias mostró una marcada estacionalidad para el año 2001, con concentración del 90 % en el período septiembre-abril. En los años siguientes con los que se cuenta registro se observa similitud en la distribución de las lluvias a lo largo del año: el 70% de las precipitaciones para el 2002 se concentró en los meses de julio y agosto, y el 60% para el 2005 durante los meses de julio a septiembre.

En cuanto al número de eventos, durante 2001 se registraron 11 eventos de lluvias que variaron entre 7 mm y 69,7 mm; durante 2002, 5 eventos entre 8 mm y 52,9 mm, y durante 2005, 6 eventos, entre 8 mm y 23 mm.

El análisis de las precipitaciones sugiere una gran variabilidad interanual, siendo la estación seca generalmente prolongada y el patrón de distribución de las lluvias irregular. Esto coincide con lo citado por Morello (1958) para la Provincia Fitogeográfica del Monte, y con los análisis realizados para otras zonas áridas de Argentina y del mundo (Austin et al., 2004; Loik et al., 2004, Schwinning & Sala, 2004 y Quevedo, 2006).

2.4 Conclusiones del capítulo

- Se caracterizaron cuatro unidades homogéneas siguiendo el criterio geomorfológico.
- Se caracterizó el régimen hídrico sobre la base del procesamiento digital del MDT, realizando un análisis hipsométrico y determinando las características morfométricas de la red de drenaje.
- Los parámetros físicos resultaron útiles para indicar la situación o el estado del área, y aportó bases sólidas para la caracterización física del área de estudio y para la toma de criterios y decisiones. En particular la curva hipsométrica, la pendiente, los suelos y las precipitaciones constituyen para la presente investigación indicadores cualitativos o aproximadores.
- Según la curva hipsométrica obtenida el área de estudio corresponde a un relieve de tipo residual, indicado por que el área por debajo de la curva hipsométrica es menor al 35%; y la pendiente abrupta de la curva entre los 1.100 m.s.n.m. y los 1.350 m.s.n.m. indicaría el relieve típico de la bajada pedemontana en el área de estudio. La pendiente en la zona no supera el 1%, lo que indica el relieve poco pronunciado de la bajada pedemontana.

- Los suelos presentes en la Bajada Pedemontana de la Cuenca de Balde del Rosario presentan texturas moderadamente gruesas a muy finas según la posición topográfica, correspondiendo a áreas susceptibles de ser altamente a ligeramente erosionables.
- Las precipitaciones presentan una gran variabilidad interanual, siendo el período seco generalmente prolongado y el patrón de distribución de las lluvias altamente irregular, regímenes propios de las zonas áridas y semiáridas como la zona de estudio.
- Los resultados obtenidos permiten decir de modo general que la zona presenta procesos de degradación en evolución, y que debido a las condiciones climáticas mencionadas y en función de las prácticas culturales que se desarrollan en la zona históricamente, principalmente ganaderas, estos procesos deberían ser tenidos en cuenta en la planificación del uso del territorio, siendo necesario en algunos casos medidas de mitigación y control.

3 CAPÍTULO 3: PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES

3.1 *Introducción*

Una de las fuentes de información para la detección y el monitoreo de la degradación de tierras es la Percepción Remota Orbital o Teledetección; sobre la base del procesamiento digital de imágenes se facilita la identificación y la extracción de información contenida en ellas, para su posterior interpretación. El resultado de ese proceso es la producción de otras imágenes que contienen información específica que se utiliza para identificar las características del terreno (Slater, 1980; Crosta, 1993).

La utilización de imágenes satelitales permite, principalmente: a) estudiar y analizar visualmente el conjunto de la escena; b) estudiar y analizar el aspecto corológico o el patrón espacial de distribución de las áreas y c) estudiar los aspectos morfológicos de la escena tales como formas de relieve, agua, vegetación, suelo (Zonneveld, 1989).

Los datos de terreno aportan elementos indispensables para la interpretación tales como asociaciones y posiciones relativas de las distintas coberturas en el terreno (King, 2002); por esto el procesamiento digital de imágenes satelitales requiere el conocimiento de los parámetros del dato espacial utilizado y del área a estudiar a través del trabajo de campo y de la información disponible, siendo además las fotografías aéreas un buen apoyo para el procesamiento.

La complejidad espectral de la vegetación de los ambientes áridos y semiáridos ha limitado la aplicación de datos de las imágenes. Esta dificultad se debe, en parte, a que los índices espectrales de vegetación están basados en valores de reflectancia del infrarrojo, los que no son confiables en este tipo de ambiente debido a que están relacionados con la existencia, forma y estructura de las hojas (Colwel, 1974). La ineficacia del índice de vegetación NDVI para realzar la vegetación natural en el árido y el semiárido se manifestó en numerosos trabajos realizados en zonas pilotos de la Región Cuyo (Maldonado et al. 1997, Salinas et al. 1998, Martinelli et al., 1998, Maldonado et al. 2000, Maldonado, et al. 2001). Un aumento en la resolución espacial de las imágenes representaría en parte una solución, pero la disponibilidad de estos datos y la relación costo/beneficio limitan su utilización, por tanto las imágenes mas utilizadas son de resolución media, como es el caso de las Landsat.

En ese sentido, el esfuerzo actual de la investigación está orientado al desarrollo de técnicas de percepción remota capaces de minimizar la heterogeneidad del comportamiento espectral de la vegetación, con fines de clasificación y detección de cambios. Las variaciones de reflectancia en el rango del visible, están asociadas a la concentración de pigmentos en la hoja, como la clorofila, los cuales son diferentes según el estado de desarrollo de la misma (Kumar, 1972). En los ambientes áridos y semiáridos, las características xerófitas de las especies, tales como ausencia o disminución de la superficie foliar, resulta en una disminución de la respuesta espectral en el rango del visible. La principal componente de la respuesta espectral cuando la cobertura es de alrededor del 30 %, se debe al suelo, detectándose con poca certeza la respuesta de la vegetación (Hutchinson, 1982; Tueller, 1987; Chavez y McKinnon, 1994; Pinker y Karnieli, 1995; Brussaone y Serpico, 1997). Asner (2000) comprueba que la reflectancia en el infrarrojo medio (entre 1.3 μm a 2.5 μm) no está asociada con características relevantes del semiárido, ya que su variabilidad es muy alta. Los valores de reflectancia en el rango del infrarrojo próximo está asociada al contenido de agua en la vegetación, siendo este parámetro muy variable en zonas áridas, por tanto los resultados son poco confiables (Gausman, 1985). Maldonado et al. (2000) y Boyd et al. (1996) obtuvieron buenos resultados utilizando el visible, y el infrarrojo medio y termal, respectivamente, para la detección de cambios.

En cuanto a la selección de las fechas apropiadas para estudios de esta naturaleza, como la detección de cambios en áreas degradadas, diversos autores indican que la época seca es la más apropiada, indicando que en época estival se encuentran ambigüedades en la relación estructura de la comunidad/ reflectancia, atribuidas a la resolución limitada de los datos de reflectancia (Carvalho, 1986; Sá, 1991; Trodd y Dougill, 1998; Maldonado, 1999).

Por último, las técnicas para la detección y el monitoreo de la degradación de tierras dependen de la definición de indicadores sensibles a pequeños cambios (Dregne, 1998). Estos indicadores deben estimar los cambios (recuperación o degradación) de un recurso potencialmente renovable. Para el caso de la degradación de tierras el proceso está caracterizado por la presión de uso sobre el recurso a un ritmo mayor que el de su recuperación natural (Art, 1998), es decir por encima de la capacidad de carga del sistema.

Teniendo en cuenta estas consideraciones fueron aplicadas en el procesamiento de imágenes satelitales dos técnicas: la primera utilizada para identificar el uso y la cobertura del suelo, la

siguiente para la detección de cambios en respuesta a las variaciones estacionales en el área de estudio

Uso y cobertura

Una de las técnicas utilizada ampliamente para realzar la imagen original y reconocer el uso y cobertura del suelo es la transformación conocida como *Tasseled Cap* (Crist y Cicone, 1984) que fuera desarrollada inicialmente por Kauth y Thomas en 1976 (Richards y Jia, 1998). Este realce produce nuevos ejes ortogonales transformando el espacio de los datos originales de las bandas 1, 2, 3, 4, 5 y 7 de las imágenes Landsat (Jensen, 1996). El concepto central de esta transformación es que los nuevos datos originados a partir de la aplicación de este realce espectral ocupan tres dimensiones que definen planos de suelo, vegetación y una transición entre ellos (Crist y Cicone, 1984). El primer plano (banda 1 de la imagen realzada) define una nueva banda en dirección de la principal variación en la reflectancia del suelo, representando las áreas con suelo desnudo. El segundo plano (banda 2) representa las áreas con cobertura vegetal debido a la reflectancia de la vegetación. El tercer plano (banda 3) presenta valores altos en las áreas con más humedad, esta banda relaciona la cobertura vegetal y la humedad en el suelo. Las tres nuevas bandas, combinaciones lineales de las seis bandas originales, se denominan: 1) El índice de brillantez de suelo (IBS), que representa la proporción de suelo desnudo, 2) el índice de verdor (IVV) representa la cobertura vegetal y 3) el índice de humedad de suelo (IH), que representa el contenido de humedad en el suelo (Crist y Cicone, 1984). La integración de los datos satelitales con el trabajo de campo y los fotogramas permitieron generar un mapa de uso y cobertura del suelo del área de estudio. Es interesante destacar que esta técnica es de amplia y simple aplicación y de relativamente fácil interpretación cuando se cuenta con conocimiento de terreno de la escena.

Detección de cambios

La detección de cambios es el proceso para la identificación de diferencias en el estado de objetos o fenómenos a través del tiempo. Ésta se aplica a partir de la utilización de datos multitemporales apropiados para identificar las diferencias de estado en el fenómeno estudiado. En percepción remota esta operación involucra la capacidad de cuantificar los cambios ambientales usando datos radiométricos de imágenes multitemporales. La naturaleza digital de estos datos ha hecho posible que la detección de cambios ambientales sea una de las mayores aplicaciones obtenida con los satélites de observación de la tierra. Existen técnicas

de detección de cambios que utilizan operaciones algebraicas simples, de éstas las más importantes son la diferencia y la razón entre imágenes, y la diferencia o la comparación pos clasificación entre índices de vegetación de diferentes fechas. Entre las operaciones algebraicamente más complejas pueden mencionarse: análisis por componentes principales (Byrne et al. 1980; Eastman y Fulk, 1993; Chavez y MacKinnon, 1994; Maldonado et al., 2002), y análisis por vector de cambios (Singh, 1989). En Maldonado y Carvalho (2003) se desarrolla una técnica basada en la rotación radiométrica de una imagen multitemporal compuesta por bandas del espectro visible, arribando a un indicador de degradación a escala subregional para la detección de cambios. Esta técnica se fundamenta en que cuando dos imágenes de un canal de la misma faja espectral son obtenidas en diferentes fechas y estos canales son comparados habrá alta correlación entre las dos imágenes, pero en las partes de la escena que exista ausencia de correlación representa la información de áreas que cambian (Maldonado y dos Santos, 2005; Maldonado et al., 2004). Estos cambios son percibidos por el sensor, pudiendo identificar radiométricamente ambientes degradados, ambientes sin cambio, y ambientes en recuperación, y así variaciones estacionales de la vegetación.

3.1.1 Recursos y método

Para el presente capítulo fueron utilizados softwares de procesamiento digital de imágenes satelitales y de S.I.G, Erdas Imagine y Arc Map respectivamente, disponibles en CEFOCCA (FI/UNSJ); los datos satelitales utilizados están disponibles en Banco de Imágenes de esta institución, obtenido mediante convenio específico con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE-Argentina).

Fotos aéreas

Las fotos aéreas ofrecen una resolución espacial alta y una baja resolución espectral (resolución espacial: píxel de 6 x 6 m; resolución espectral: rango del visible (0,45 μm a 0,69 μm). Por otro lado, su costo por hectárea es alto, ya que se toman en vuelos programados cuyo precio es muy elevado y por esta razón la periodicidad de la toma de datos se ve limitada. En este estudio los fotogramas fueron utilizados como apoyo del procesamiento digital.

Fueron utilizadas fotografías aéreas escala 1:50.000, año 1980, disponibles en el CEFOCCA (FI/UNSJ)

Imágenes satelitales: Selección de los datos para el procesamiento digital

Fueron utilizadas imágenes Landsat 5 TM, resolución espacial media (30x30m). La selección de las fechas para el procesamiento digital es una etapa clave, y está en función del problema que se estudia y también de la disponibilidad de datos. Las imágenes Landsat utilizadas fueron:

- ◆ Landsat 5 TM Orbita: 231081 Fecha: 17 de Septiembre de 2000.
- ◆ Landsat 5 TM Orbita: 231081 Fecha: 28 de Marzo de 2001.

Una corresponde a la época seca (septiembre, mínima cobertura) y otra a la época húmeda (marzo, máxima cobertura).

Preprocesamiento

i. Correcciones atmosféricas y radiométricas

Los sensores ópticos son sensibles a la interacción con la atmósfera, alterando los valores registrados en las imágenes afectando negativamente la calidad visual de las mismas debido a la presencia del vapor de agua, polvo y otras partículas en suspensión. En el caso de imágenes digitales es posible aplicar técnicas de minimización de este efecto aditivo de la atmósfera que básicamente consta de calcular la reflectancia de los elementos en el terreno, estimando la transmitancia atmosférica y el valor aditivo. El modelo de corrección atmosférica más simple fue presentado por Chavez (1998). Este consiste en la búsqueda dentro de la escena de un pixel de valor mínimo que puede ser sombra o agua limpia, cuyo valor debería ser cero, es decir de absorción máxima, y que debido al efecto aditivo de la atmósfera, no lo es. Este pixel para ser representativo debe estar próximo o dentro del área de interés.

En este trabajo las imágenes fueron corregidas radiométrica, atmosférica y geoméricamente utilizando un modeler generado en ERDAS Imagine especialmente para este fin, siguiendo los lineamientos de Chavez (1998). Al correr este modelo se obtienen las reflectancias corregidas atmosférica y radiométricamente (valores entre 0 y 1)

ii. Comportamiento espectral de las coberturas de terreno en zonas áridas

El volumen de mineral contenido, el nivel de humedad, la composición química, la estructura de la vegetación, el suelo desnudo, entre otros, reflejan en forma diferente en las distintas longitudes de onda y a menudo de manera única. Esto produce patrones de reflectancia

(firmas espectrales) que se analizan para definir las clases (coberturas) que se pueden separar en una imagen.

La curva de la vegetación vigorosa es más compleja que las curvas de agua y suelo, en el rango del IR medio ($1,9\mu\text{m}$ - $2,17\mu\text{m}$) siendo dominada por las bandas de absorción de agua. En el IR cercano ($0,7\mu\text{m}$ y $1,3\mu\text{m}$,) domina la estructura de la vegetación, mientras que, en el rango del visible, es la pigmentación de las plantas el determinante mayor. Tiene bandas de absorción de clorofila en la región del azul y rojo y sólo queda reflexión de alguna importancia en la zona del verde (Richard, 1999). En cuanto a los suelos, éstos tienen curvas de reflectancia espectral menos complejas, la media de las firmas espectrales es una curva ascendente desde el espectro VIS hasta el IR, debiéndose esto a factores como: contenido de humedad, de materia orgánica, distribución del tamaño de las partículas, contenido de óxido de hierro, mineralogía del suelo y estructura del suelo. De estas variables, el contenido de humedad es la más importante debido a su dinámica temporal y su gran impacto en la reflectancia de todo el suelo. El material primario (roca madre) tiene importancia sobre la reflectancia del suelo en todas las intensidades de reflectancia (Mehl, 1999).

En este trabajo, sobre las imágenes corregidas atmosférica y radiométricamente, fueron tomados 5 puntos en cada imagen para las bandas 1, 2, 3, 4, 5 y 7, en las distintas unidades geomorfológicas mapeadas, además del área urbana y zonas de bañados.

Procesamiento

iii. Aplicación de realces

En primer lugar fueron identificados el uso y cobertura del suelo en el área de estudio. Como se expresó en párrafos anteriores, una de las técnicas para realzar la imagen original es la transformación conocida como *Tasseled Cap* (Crist y Cicone, 1984; Richards y Jia, 1998). Fue aplicado este realce a los datos de marzo de 2001 generando tres bandas nuevas: 1) El índice de brillantez de suelo (IBS), 2) el índice de verdor (IVV) y 3) el índice de humedad de suelo (IH).

Se analizaron las distribuciones de los píxeles en un espacio bidimensional, con el módulo "Feature space image" del ERDAS Imagine 8.4, como base para la selección de bandas para la clasificación.

Luego se aplicó la Técnica de Rotación Controlada por Eje de No Cambio (TRCEC). La TRCEN es una transformación lineal que produce una rotación de los ejes de atributos radiométricos de las imágenes de una misma banda espectral en fechas diferentes. Esta rotación se basa en la pendiente del eje formado por la recta de regresión de los puntos rotulados en el campo como no cambio, el cual describe la correlación entre los píxeles de no cambio de las imágenes de la primera y segunda fecha. Esta imagen de detección está representada por la siguiente ecuación:

$$ID = - \text{Fecha}_1 \text{ sen } \alpha + \text{Fecha}_2 \text{ cos } \alpha$$

Donde: ID: Imagen detección de cambios; Fecha₁: banda TM 3 correspondiente al mes de septiembre; Fecha₂: banda TM3 correspondiente al mes de marzo; sen α : seno del ángulo de rotación; cos α : coseno del ángulo de rotación; α : ángulo de rotación.

El ángulo de rotación, parámetro principal de la rotación, es definido como el arco tangente de la pendiente de la recta en la regresión lineal de los píxeles de no cambio identificados sobre la imagen. La representación de la distribución de los píxeles en el espacio bidimensional de las TM3 de ambas fechas se muestra en la figura 8 (Maldonado, 1999; Maldonado et al., 2004; Maldonado y dos Santos, 2005; Maldonado et al., 2007).

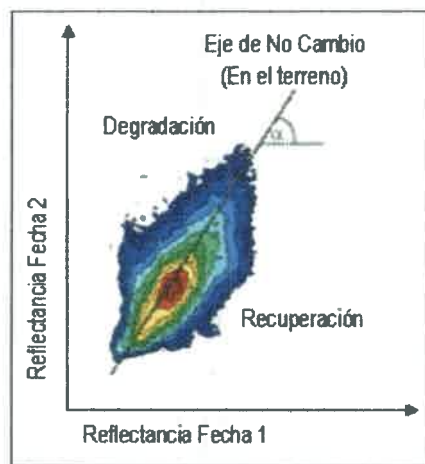


Figura 8: Distribución de la nube de puntos en el espacio bidimensional

(Fuente: Maldonado et al., 2004)

La imagen detección es generada utilizando el algoritmo de una rotación simple, expresando de forma radiométrica los cambios en la cobertura vegetal. Está formada por valores continuos, donde los tonos claros son los píxeles que sufrieron mayor pérdida de cobertura vegetal y los tonos oscuros son los de mayor recuperación para el problema de estudio que

resuelven estos autores y con esta técnica (Maldonado y dos Santos, 2005; Maldonado et al., 2004, Maldonado, 1999). Es importante remarcar que dado que lo que se busca en este trabajo es la detección de cambios y no cambios estacionales, en la imagen de detección obtenida serán identificados con tonos claros los píxeles que no responden a la dinámica estacional (suelos desnudos, cobertura vegetal menor del 20%) y con tonos oscuros los que responden a la dinámica estacional (parcelas de cultivo y bajos).

iv. *Obtención del mapa temático*

En una clasificación de imágenes se ordenan los píxeles en un número finito de clases ó categorías de datos, basándose en sus valores digitales. Si un píxel satisface un cierto número de criterios, se le asigna una clase. Este proceso se conoce también como segmentación de una imagen. La clasificación puede ser no supervisada y supervisada. En la supervisada, el sistema computacional debe ser entrenado para reconocer patrones en los datos. En la no supervisada la segmentación se basa en las propiedades intrínsecas de los datos digitales, las clases que se obtienen son conglomerados de píxeles con características similares; en este caso es responsabilidad del analista agregar significado a las clases resultantes (Jensen, 1996). La clasificación no-supervisada es sólo útil si los resultados se pueden interpretar adecuadamente, lo que requiere un conocimiento detallado del área de trabajo. En este trabajo se realizaron clasificaciones no supervisadas a ambas imágenes realizadas.

Por último estas imágenes temáticas fueron georreferenciadas utilizando como base cartográfica la imagen Landsat disponible en <http://www.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>, información que ya ha sido utilizada en la etapa de tratamiento del MDT.

v. *Evaluación de errores en el mapa temático*

Uno de los métodos más usados para estimar la precisión de la clasificación es a través del análisis de la matriz de error o matriz de confusión. Ésta es un arreglo cuadrado de números dispuestos en filas y columnas que expresan el número de muestras asignadas a una categoría particular relativa a una verificada en el campo. La matriz de error describe la precisión total y las precisiones individuales de cada categoría y es un medio muy efectivo para evaluar la precisión de un mapa (Congalton y Green, 1999). La precisión total es la suma de la diagonal mayor de la matriz (las muestras correctamente clasificadas) dividida por el número total de las muestras de referencia. La precisión del productor es el número de muestras correctamente

clasificadas en una categoría dividido por número total de las muestras de referencia. La precisión del usuario es el número de muestras correctamente clasificadas en una categoría dividido por número total de las muestras clasificadas en esa categoría. La precisión de las clasificaciones realizadas fue evaluada en dos etapas, en primer lugar utilizando el módulo "Accuracy assessment" del ERDAS IMAGINE, en segundo lugar se realizó manualmente, luego de la georreferenciación, facilitando el manejo de los datos en un entorno S.I.G.

En el primer caso, el software distribuye puntos al azar, en este caso 150, y el usuario va asignando según los conocimientos de campo, los fotogramas u otra información disponible el valor de clase de ese punto. En segundo lugar, y luego de la georreferenciación de las imágenes, se realizó manualmente la matriz de confusión para cada mapa temático utilizando un total de 97 puntos tomados en terreno, 31 de los cuales corresponden a los censos fisonómico estructurales, y los 66 restantes corresponden a observaciones simples en el terreno y que pertenecen a cada una de las clases determinadas en el procesamiento digital. En estos puntos observacionales se registró: ubicación (con GPS), especie dominante de la unidad y se asignó el punto observacional a las clases obtenidas sobre la base del análisis de agrupamiento de los censos florísticos. Con estos datos se construyó la matriz de confusión para cada mapa temático cruzando la información georreferenciada, los sitios muestreados (31 sitios) y los puntos observacionales (66 puntos). El manejo de estos datos georreferenciados se realizó en un entorno S.I.G.

En cuanto al criterio para evaluar la calidad de los resultados obtenidos se asume el desarrollado por Congalton y Green (1999), quienes definen que una clasificación aceptable, categorizada como moderada, es aquella que presenta valores entre el 40 % y el 80%, en una jerarquía que va de pobre, para aquellas precisiones menores al 40%, a excelente, cuando la precisión esta por encima del 80%; estos autores sugieren además un $K = 0,60$ (Índice Kappa) como límite de aceptación.

3.1.2 Resultados y discusión

Selección de los datos para el procesamiento digital

En la figura 9 se presentan las imágenes de las dos fechas seleccionadas en una combinación 4, 3, 2. Se observa a la izquierda la imagen correspondiente a Marzo, y la de Septiembre a la derecha. Para la aplicación del Tasseled Cap se utilizó la imagen la correspondiente a la época

seca siguiendo los lineamientos indicados en la bibliografía para el mapeo en zonas áridas. Para aplicar la TREC� se utilizaron ambas fechas.

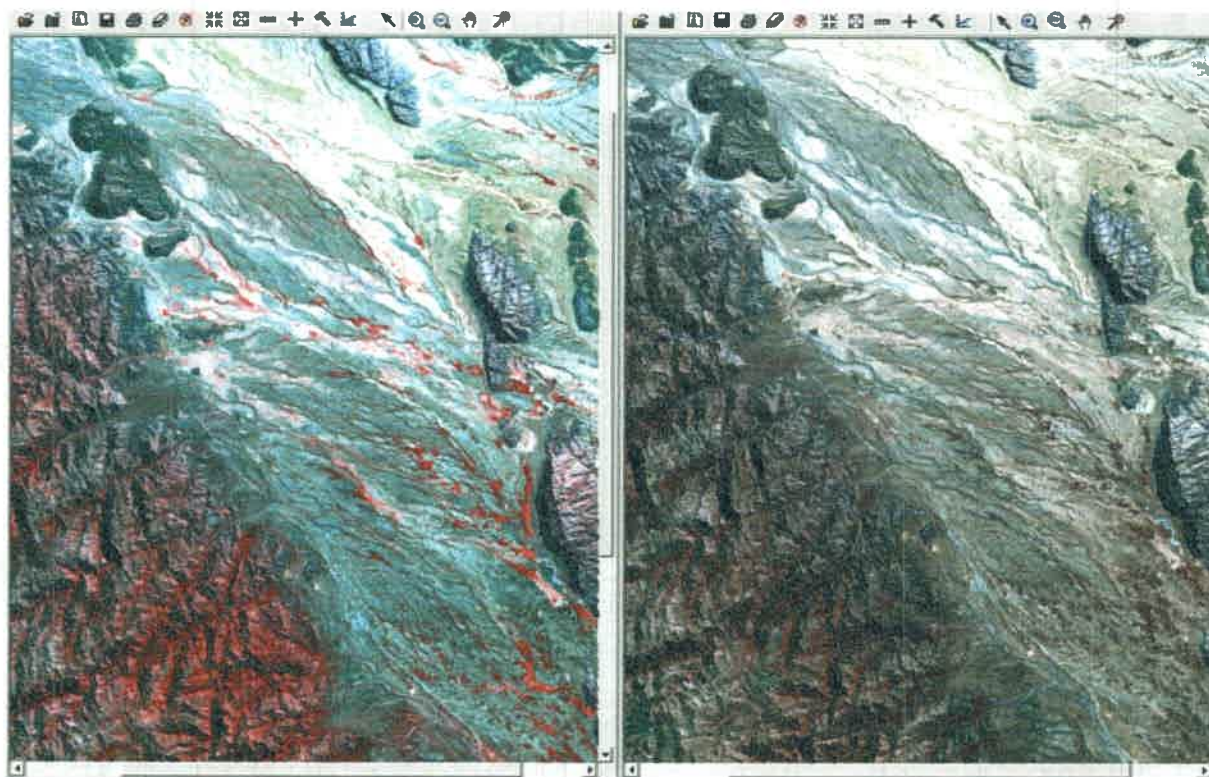


Figura 9: Subescenas del área de estudio. Imágenes Landsat 5 TM, 231081

A la izquierda, imagen correspondiente al mes de Marzo de 2001, a la derecha, de Septiembre de 2000. Visualmente puede identificarse que la imagen de Marzo presenta mayores porcentajes de cobertura, representado por los tonos de rojo (vegetación) observables en la misma.

Es oportuno mencionar en este punto que al momento del inicio de este trabajo (abril de 2003) estos datos eran los más recientes disponibles en el Banco de Imágenes del CEFOCCA (FI/UNSJ), y que además corresponden a la época seca y húmeda del área de estudio.

Por otro lado, se cuenta con datos de precipitaciones para el 2001 en correspondencia con la época de lluvias para el par de imágenes seleccionadas, datos provenientes del pluviómetro local. El régimen registrado entre Enero y Marzo de 2001 indica 123 mm acumulados en el trimestre para el área de estudio (figura 7), representando un valor que está sobre el estimado para el trimestre más caluroso, resultando finalmente el 2001 un año de precipitaciones que superó las medias anuales citadas en las distintas fuentes: 235 mm anuales por encima de los



181 mm de precipitación media anual calculados para el trimestre mas caluroso por Defina et al. (1962) y los 163 mm de precipitación media anual registrados a partir de los datos locales (años 2002 y 2005).

A pesar de la ausencia de datos de precipitaciones en series temporales continuas, la correspondencia del par de imágenes con los datos de precipitaciones disponibles sugiere algunas cuestiones interesantes de remarcar ya que fortalecen la posterior interpretación de los resultados:

a) la época en la que se realizó el procesamiento a partir de las imágenes seleccionadas es conocida y su caracterización a partir de la información climática disponible es coherente con las realizadas para estas y otras regiones áridas;

b) el que corresponda con un año “mas húmedo” en la zona favorece los contrastes entre los datos multitemporales seleccionados permitiendo discriminar las áreas que responden de manera diferente a la dinámica estacional en la zona; en este sentido es coherente pensar que a pesar de ser un trimestre con buenos registros los sitios degradados igualmente no responderán a las lluvias y viceversa; y esto se refleja en los valores de reflectancia de las imágenes; en el caso contrario y como puede verse en la imagen de Marzo (figura 9) los bañados en producción se observan claramente en tonos rojos fuertes, presentando también coherencia con el tipo de cultivo en secano que se práctica en la zona, y su dependencia de las lluvias en estos meses para que la actividad agrícola (chacras) se mantenga.

Estos criterios fueron analizados conjuntamente al momento de seleccionar los datos para desarrollar el procesamiento digital de imágenes, pudiendo decir de manera general, y en función de los datos disponibles, que las imágenes seleccionadas son apropiadas.

Preprocesamiento

vi. *Imágenes corregidas atmosférica y radiométricamente*

En la figura 10 se presenta el gráfico de las curvas espectrales tomadas sobre la imagen sin calibrar y en la figura 11 las curvas de las imágenes corregidas, donde puede observarse que presentan un comportamiento relativamente diferente en la respuesta espectral de cada elemento.

Tratándose de datos multitemporales fue necesario hacer estas correcciones en los datos, y de esta manera reducir el error que introduce este tipo de ruido en la interpretación de los resultados.

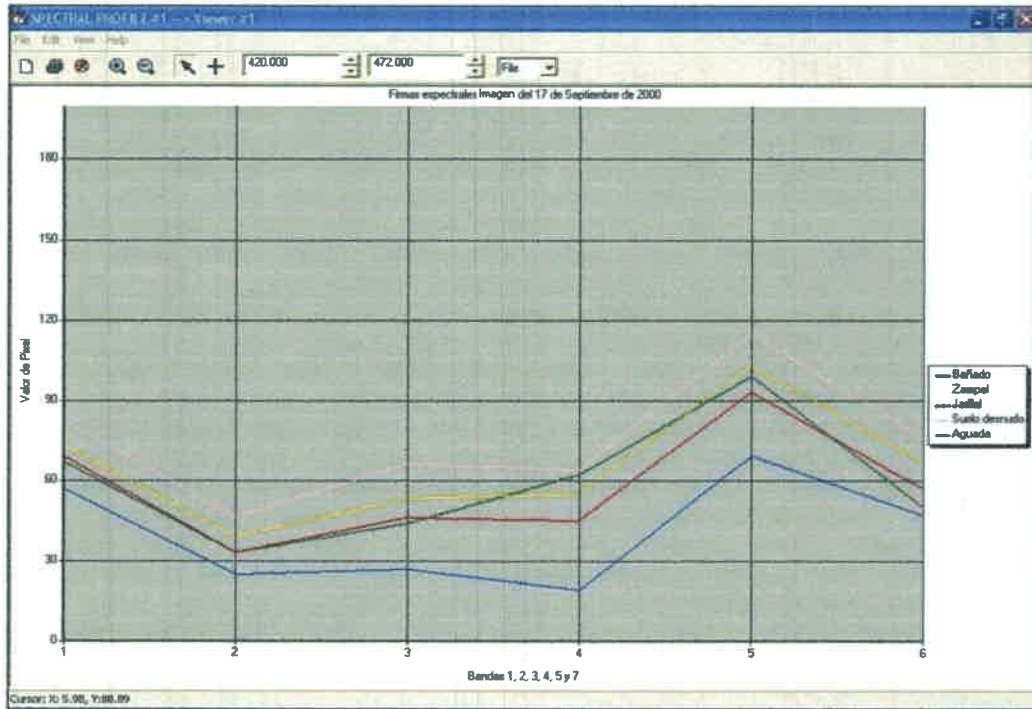


Figura 10: Curvas espectrales para el 17 de Septiembre de 2000, imagen no corregida

En la figura 12 se presenta un sector de la subescena del 28 de marzo de 2001 antes y después de la corrección. El cursor sobre la imagen indica el píxel oscuro; la tabla, su valor. A la izquierda se presenta la imagen calibrada, a la derecha, la imagen sin calibrar; se observa el valor del píxel oscuro para cada banda en ambas imágenes y además la variación en los valores del píxel luego de la calibración. Obsérvese como cambian los valores para el píxel oscuro, luego de la corrección presenta valores iguales o próximos a cero.

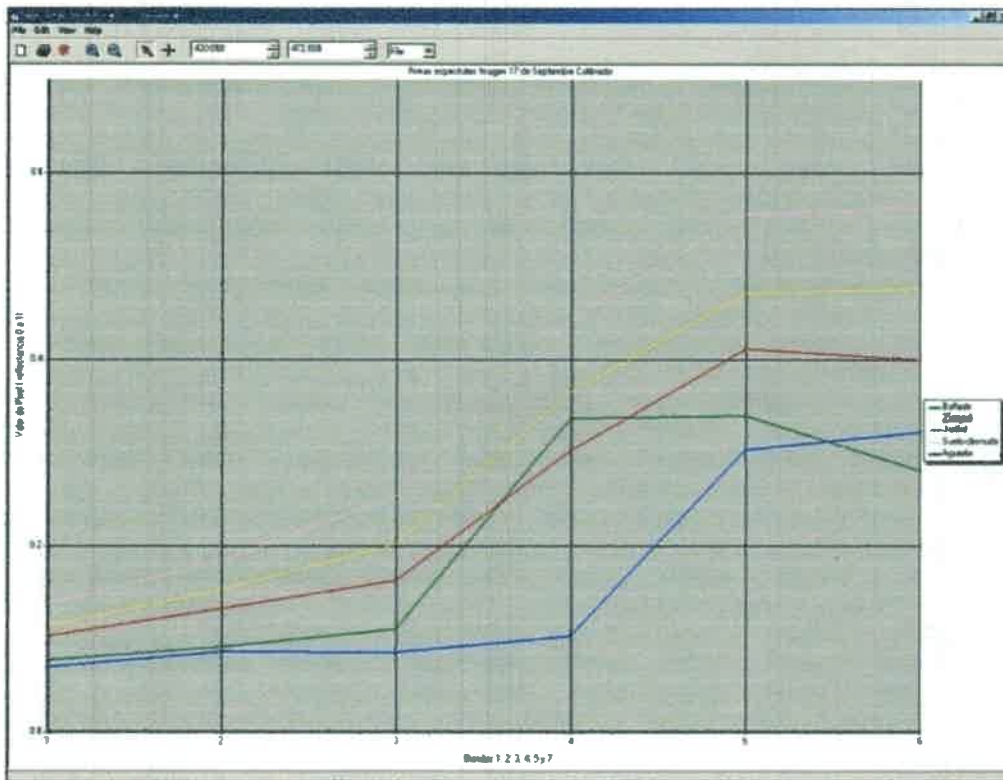


Figura 11: Curvas espectrales para el 17 de Septiembre de 2000, imagen corregida

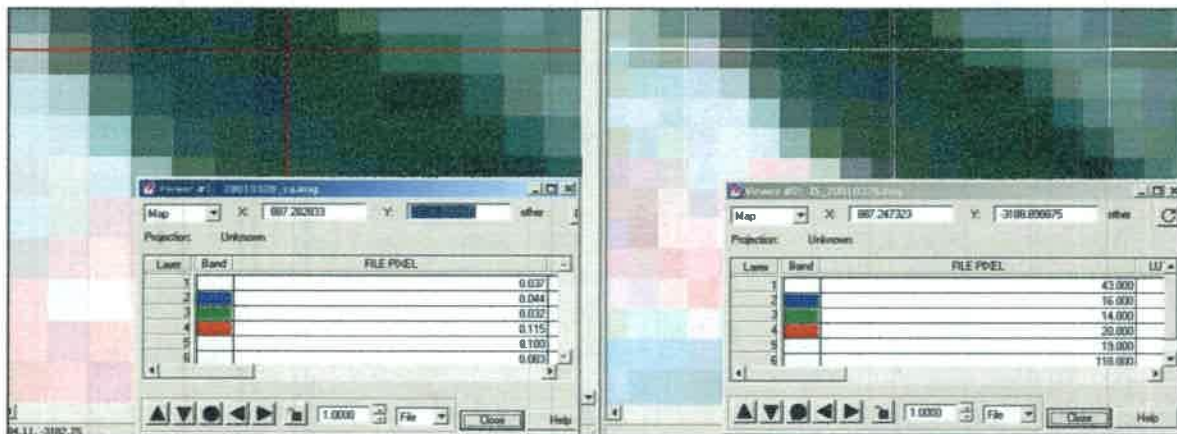


Figura 12: Un sector de la imagen antes y luego de la corrección

vii. Comportamiento espectral de los elementos de la subescena

En cuanto al comportamiento espectral de las curvas tomadas en la subescena del 17 de Septiembre de 2000, sobre la escena corregida (figura 11), puede observarse un comportamiento homogéneo de las curvas, similares a la curva estándar del suelo citada por la bibliografía, presentando mayores niveles de reflectancia los puntos correspondientes a las

áreas de bañados, a la unidad geomorfológica Nivel Agradacional Inferior y al sector urbanizado. Esta fecha corresponde a la época seca, por tanto las variaciones de las coberturas en el terreno son mínimas, el terreno se encuentra con la menor cobertura que puede registrarse a lo largo del año, bajos porcentajes de humedad y los bañados están sin cultivar aún.

El comportamiento espectral de las curvas tomadas en la subescena del 28 de Marzo de 2001 (figura 13), es similar a la curva de vegetación vigorosa para las curvas correspondientes a matorrales de zampa y a bañados. Debido a que la subescena corresponde a la época húmeda la dinámica temporal y su impacto en la reflectancia de todo el suelo cambian en esta fecha, ya que el contenido de humedad es la variable más importante que registra el sensor. Por lo tanto será posible identificar los cambios estacionales de los distintos sectores a través de la aplicación de realces, que remarquen estas diferencias.

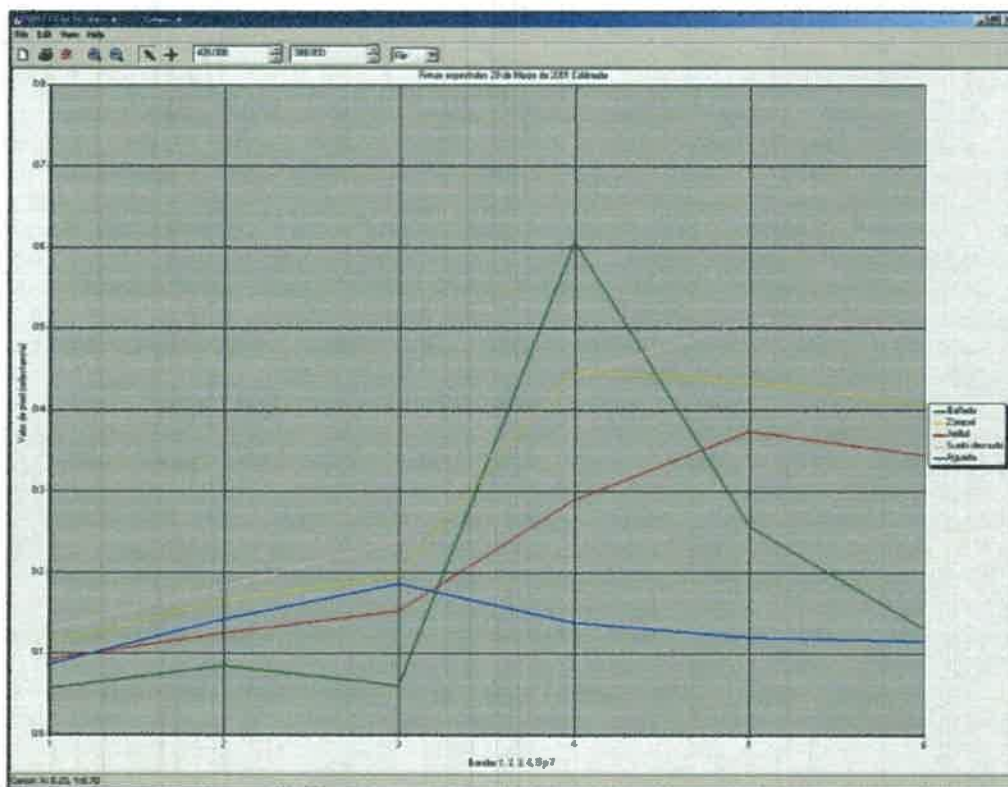


Figura 13: Curvas espectrales para el 28 de Marzo de 2001, imagen corregida

Procesamiento

viii. Aplicación de realces

En la figura 14 se presenta la imagen obtenida de aplicar la Transformación *Tasseled Cap* a la imagen Landsat 5 TM Orbita: 231081 del 28 de Marzo de 2001.

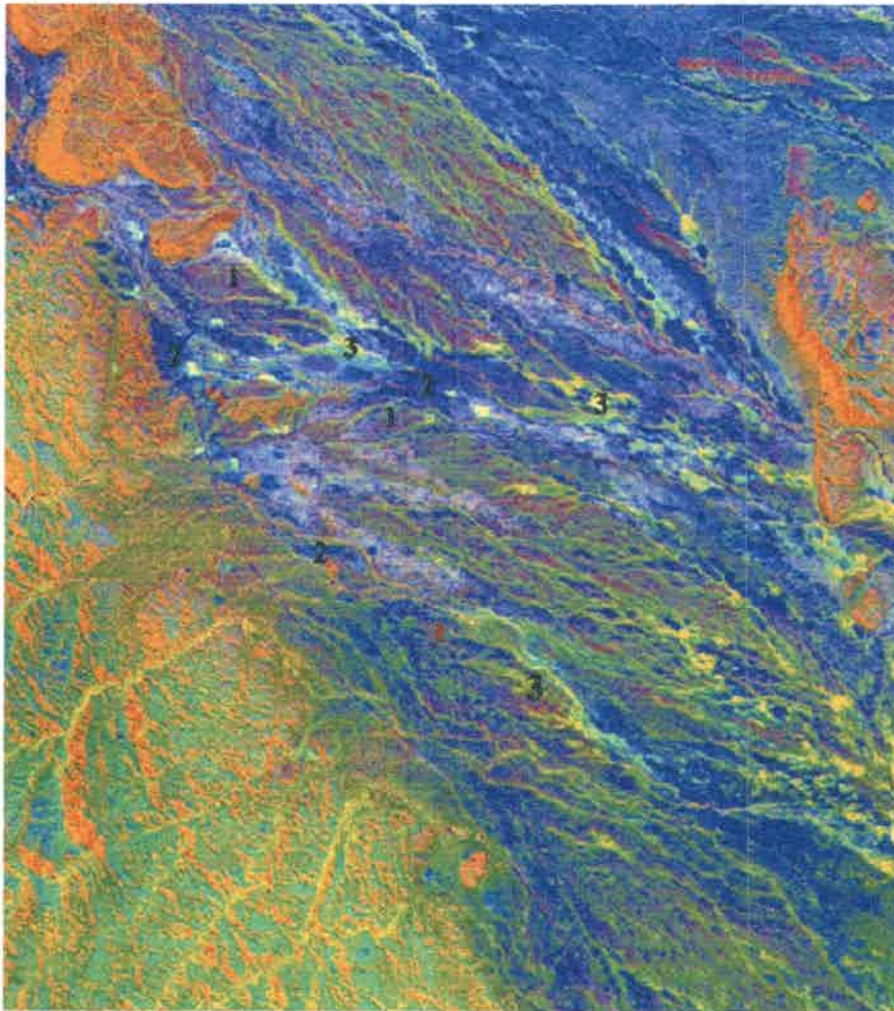


Figura 14: Imagen obtenida a partir del Tasseled Cap

- 1) Matorrales con cobertura que varían entre 20 al 80%
- 2) áreas de suelo desnudo o con coberturas menores al 20 %
- 3) parcelas de actividad agrícola y vegetación de cauces

En los ecosistemas áridos la estructura de la vegetación se caracteriza por presentar una marcada heterogeneidad espacial. Tanto en la imagen obtenida (figura 14) como en el campo se observa un patrón de distribución en fajas que presenta cierta regularidad, el cual sigue la morfología de la red de drenaje en el sentido predominante de la pendiente; este patrón a la escala de la imagen se ve reflejado por los diferentes tonos que adquieren las coberturas en la imagen, estas coberturas se caracterizan a continuación:

de la imagen formada por las bandas TM3 de ambas fechas. A partir de estos valores fue calculado el ángulo de rotación de 44,98°.

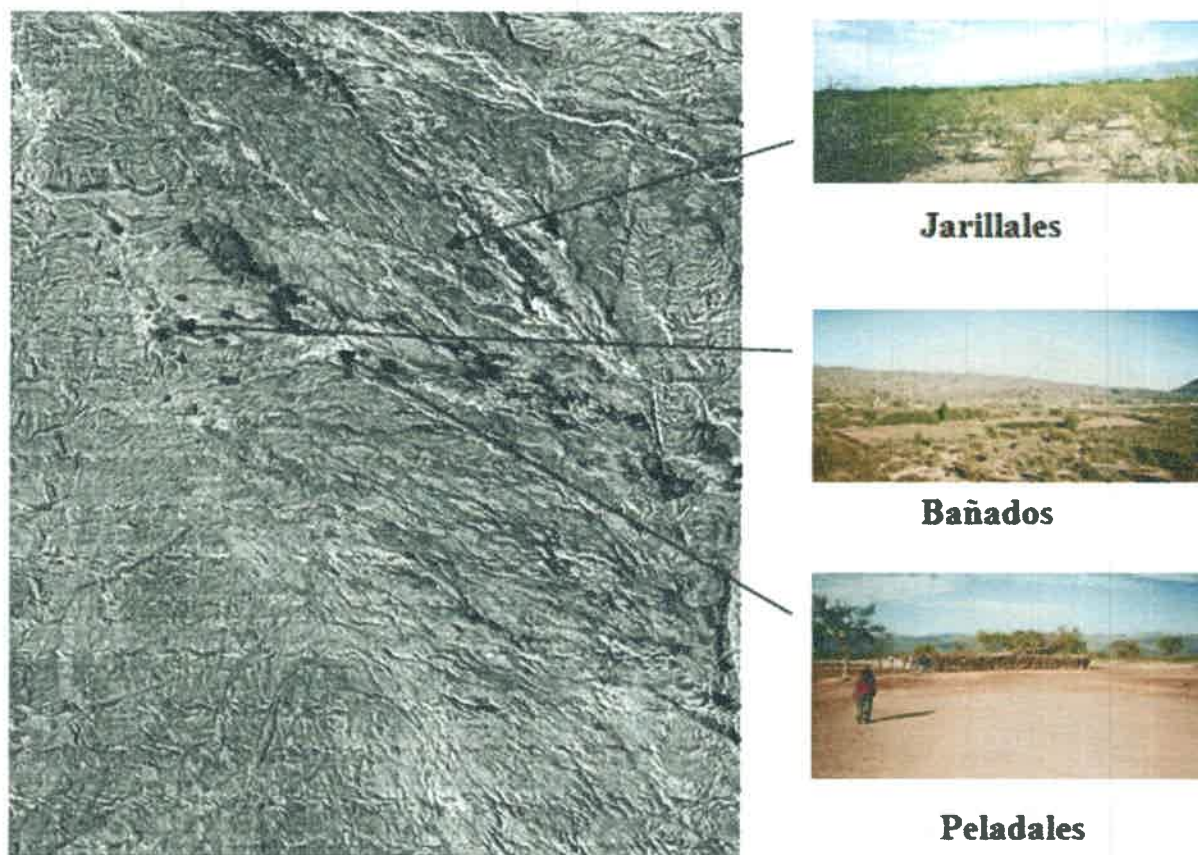


Figura 15: Imagen de Detección de Cambios Estacionales obtenida a partir de la aplicación de la TRCEN

Las fotos corresponden a los lugares indicados por las flechas. El bañado se identifica con los tonos oscuros, el peladal con tonos claros y el jarillal con tonos intermedios

Se identifican con tonos claros los píxeles que no responden a la dinámica estacional (suelos desnudos y áreas con cobertura vegetal menor del 20%) y con tonos oscuros los que responden a la dinámica estacional (parcelas de cultivo en producción y bajos). Se indica e ilustra con fotos en la figura 15 un bañado en producción (tonos oscuros, alta respuesta estacional), un jarillal (tonos intermedios, respuesta estacional media) y un peladal (tonos claros, no responden a la dinámica estacional). En la figura 16 se presenta un sector ampliado de la imagen de detección de cambios y de la imagen de marzo, en el sector correspondiente a La Buena Esperanza. Las áreas que corresponden a parcelas en cultivos y cauces, aparecen en

colores rojos en la imagen de marzo y en tonos oscuros en la imagen de detección (indicados por el cursor). Los peladales se observan en tonos claros en ambas imágenes.

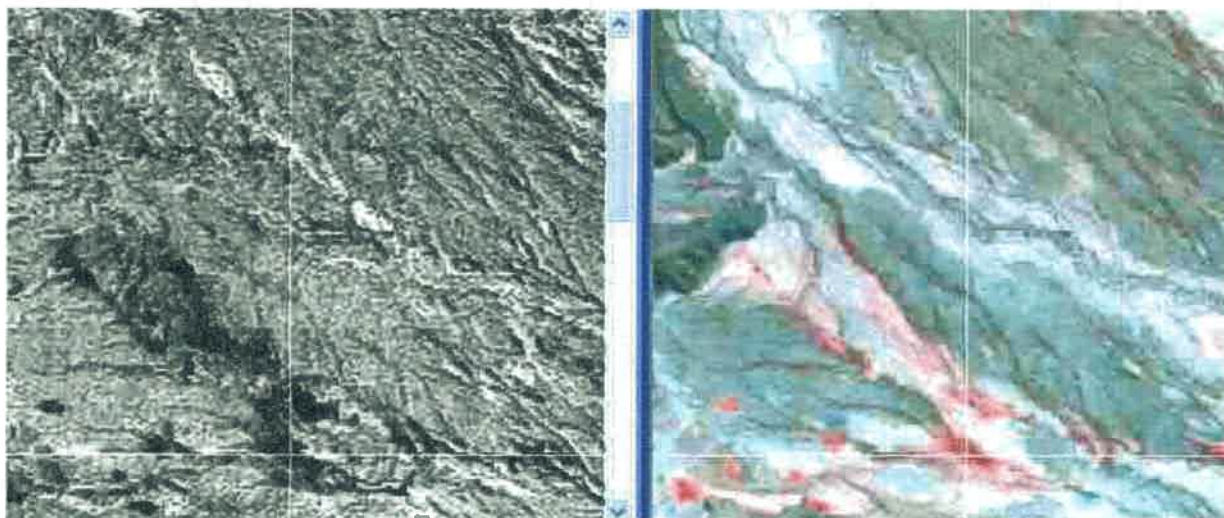


Figura 16: A la izquierda, subescena de la imagen de detección de cambios y a la derecha subescena de la imagen de marzo

ix. Obtención de las imágenes temáticas

Se realizó la clasificación no supervisada del IBS en cinco clases. La imagen temática obtenida fue analizada sobre la base de formas y patrones de distribución de las clases, apoyándose para el análisis en la imagen de marzo de 2001, en los fotogramas y en los censos realizados en las campañas de febrero y marzo de 2005.

En la figura 17 se presenta la imagen temática obtenida y a continuación su caracterización. Se reconocen las siguientes clases a partir de la interpretación visual:

■ corresponde principalmente a las laderas de las serranías bajas que se encuentran en el área de estudio. De acuerdo a los censos florísticos, corresponde a una vegetación con valores de cobertura promedio del 40%, con estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo acompañante siempre presente, como así también, especies de suculentas, enredaderas y epifitos, con gran heterogeneidad de tipos funcionales.

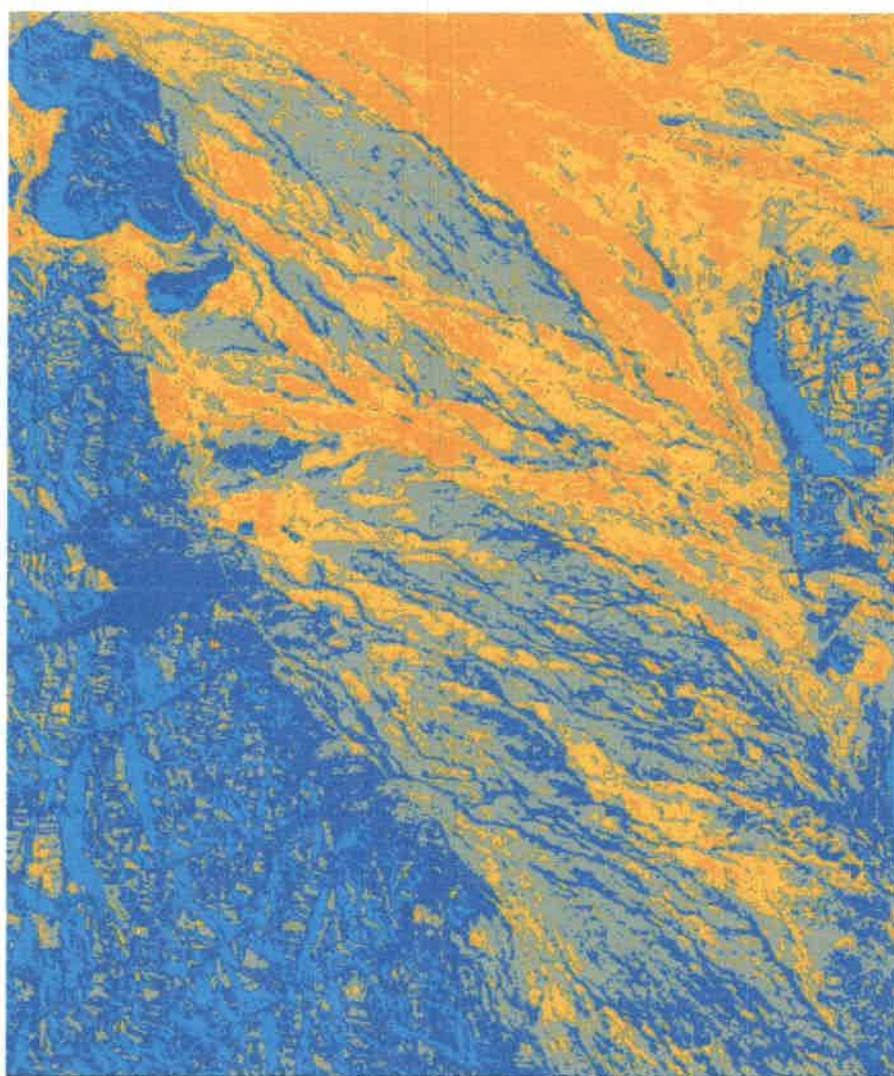


Figura 17: Clasificación del IBS

Clase 2 corresponde principalmente a los cauces de las serranías y a los cauces principales de la bajada pedemontana, distribuyéndose a lo largo de la red de drenaje. Los censos que caracterizan a esta clase corresponden a un bosque con cobertura promedio de 50%, un estrato arbustivo con cobertura promedio de 30%, presencia de estrato herbáceo, de suculentas y parásitas.

esta clase se distribuye en sectores de vegetación propia de la bajada pedemontana, con matorrales de *Larrea cuneifolia* con coberturas mayores al 40 %. Los censos que se distribuyen en esta clase se caracterizan por presentar un estrato arbustivo dominante, con cobertura promedio del 45 %, estrato arbóreo con cobertura promedio del 10 % y estrato herbáceo de perennes y anuales presente.

Clase 4: corresponde a áreas circundantes a sectores identificados como de suelo desnudo, con gran presión de uso por actividades agropecuarias. En general, sobre la base de los censos que se distribuyen en esta clase, se trata de matorrales bajos, con cobertura promedio de arbustos dominantes del 30%, con especies arbóreas acompañantes con coberturas aproximadas del 10%

Clase 5: corresponde principalmente a sectores de suelo desnudo y matorrales abiertos, con gran presión de uso, asociados a la actividad pecuaria. De acuerdo a los censos que se distribuyen en esta clase, presenta un estrato arbustivo dominante con coberturas por debajo del 30 %, el estrato arbóreo si presente, con cobertura por debajo del 5 %, y presencia de pocas especies herbáceas anuales y perennes.

Luego se realizó la clasificación no supervisada de la imagen de detección. La imagen temática obtenida a partir de la clasificación no supervisada en cinco clases de la imagen de detección de cambios fue analizada sobre la base de formas y patrones de distribución de las clases, apoyándose para el análisis en la imagen de marzo de 2001 y en los fotogramas. De acuerdo a esto se reconocieron las siguientes clases a partir de la interpretación visual:

Clase 1: corresponde principalmente a las parcelas de cultivos en producción (bañados) y bajos

Clase 2: corresponde principalmente a cauces, distribuyéndose a lo largo de la red de drenaje.

Clase 3: esta clase se distribuye en sectores de vegetación propia de la bajada pedemontana y de las serranías bajas

Clase 4: corresponde a áreas circundantes a sectores identificados como de suelo desnudo, con gran presión de uso por actividades agropecuarias y a los zampales.

Clase 5: corresponde principalmente sectores de suelo desnudo, con gran presión de uso, asociado a corrales.

Luego del análisis las cinco clases se reagruparon en tres sobre la base de la respuesta a la dinámica estacional del área de estudio y al comportamiento espectral de los elementos de la escena. En la figura 18 se presenta la imagen de detección clasificada agrupada en tres clases. De la interpretación de la imagen, se reconoce:

Clase 1: un área con patrones de uso agrícola y con formas geométricas asociados a los cauces temporarios correspondientes a las parcelas de cultivo.

Clase 2: un área de uso agropecuario, donde no se observan formas geométricas, asociada a corrales.

un área de vegetación típica del Monte (jarillalles y zampales).

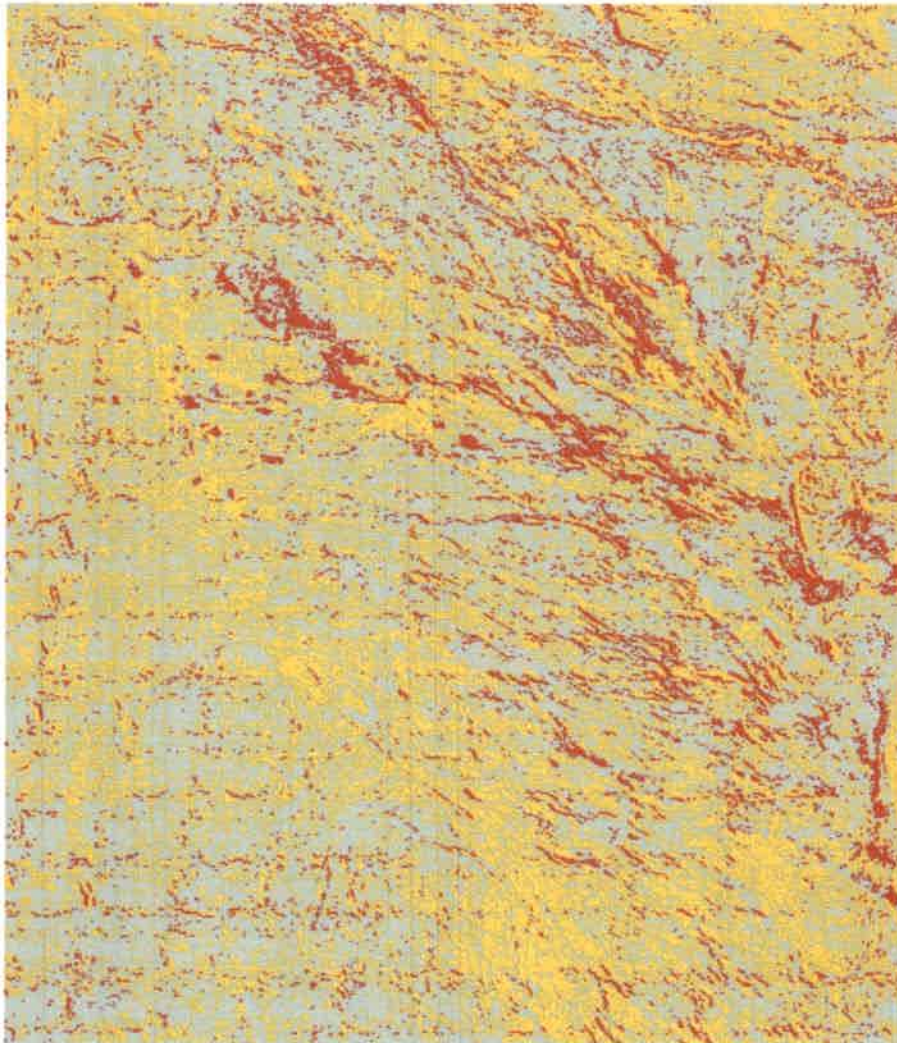


Figura 18: Imagen de detección clasificada

La primera clase agrupa aquellas áreas que responden fuertemente a la dinámica estacional tales como las parcelas de actividad agrícola que se observan de formas regulares y homogéneas (foto 5) y la vegetación de cauces, típico bosque en galería de los ríos secos, donde se encuentran comunidades con árboles como *Prosopis chilensis* y *Celtis tala*, especies freatófitas que indican agua subterránea alrededor de los 18 m (foto 6). Si bien sólo dos muestras (2: vegetación de cauce y 22: bañado) de las cuatro corresponden a esta

caracterización, el conocimiento del área y el claro patrón de distribución de la clase permiten afirmar estas características.



Foto 5: Bañado, en las adyacencias de la localidad de Balde del Rosario



Foto 6: Bosque en galería

Este patrón de asociación de parcelas cultivadas a los cauces en estos sistemas productivos, está representado en rojo en la imagen de detección clasificada. Estas áreas responden a los aportes de las precipitaciones anuales (aporte directo) y al aporte indirecto de agua proveniente de canalizaciones que realizan los productores a partir de la red de cauces naturales hasta la toma del bañado. La clase corresponde a cambios de magnitud fuerte, está en relación a la fertilidad natural de los bajos con mayor disponibilidad de agua y para el caso

de los bañados en producción, a la actividad agrícola del secano regulada por las precipitaciones.

La clase coloreada de amarillo pertenece a sectores que no responden a la dinámica estacional, son áreas correspondientes a las prácticas agropecuarias, asociada a la presencia de corrales donde existe gran presión de uso por el ganado caprino y los yeguarizos (foto 7 y 8).



Foto 7: Área circundante a un corral de cría, en el puesto San Antonio
(Fuente Ola Karlin, noviembre de 2007)



Foto 8: Área circundante a un corral de cría, en la Estancia La Buena Esperanza
(Octubre de 2005)

Se agrupan en esta clase además sectores correspondientes a matorrales de *Atriplex argentina* (“zampales”) degradados, es decir con plantas que se observan en mal estado vegetativo, y en pedestal, con muy baja cobertura.



Foto 9: En primer plano, zampal degradado en la Estancia La Buena Esperanza

(Octubre de 2003)

En todos los casos el estrato herbáceo de gramíneas y latifoliadas está ausente y la cobertura del estrato arbustivo no supera el 40%, además se agrupan aquí los sitios vinculados a la actividad ganadera, como son los corrales y área circundantes. En síntesis, puede decirse que el 100% de los censos que corresponden a esta clase son matorrales bajos, con cobertura promedio de arbustos dominantes inferiores al 40%, con especies arbóreas y arbustivas acompañantes con coberturas promedio del 5 %; estrato herbáceo, de anuales y perennes, ausente o con cobertura menor al 5%.

La clase de los tonos grises corresponde a áreas de vegetación natural, un matorral xerófilo de 1,50m a 1,80 m de altura, con especies tales como *Larrea cuneifolia*, *L. divaricata*, *Lycium div. sp.*, *Trycicla spinosa*, *Geoffroea decorticans* (foto 10).

Esta clase representa áreas de cambios estacionales de magnitud media, dada las características propias de las especies: con presencia de ramas verdes áfilas parcial o totalmente, follaje permanente resinoso y follaje estacional con escasas resinas.

En general, sobre la base de los censos que se distribuyen en esta clase, se trata de matorrales, con cobertura promedio del 40% de especies arbustivas principalmente, con diversidad de especies arbóreas y arbustivas acompañantes de cobertura promedio del 5 %, presencia además de un estrato herbáceo, de anuales y perennes y de caméfitos suculentos, con cobertura promedio del 5%.



Foto 10: Matorral de *Larrea cuneifolia*

(Octubre de 2004)

x. Evaluación de errores los mapas temáticos

Uso y cobertura del suelo

Se presentan los resultados del cálculo de la precisión del mapa temático realizado automáticamente con el ERDAS Imagine (tablas 7, 8 y 9).

Tabla 7: Matriz de error de la imagen temática de uso y cobertura del suelo

Dato	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Total fila
Clase 1	19	2	0	0	0	21
Clase 2	8	27	9	0	0	44
Clase 3	1	3	38	3	0	45
Clase 4	0	3	4	15	0	22
Clase 5	0	0	1	7	10	18
Total Columna	28	35	52	25	10	150

Tabla 8: Precisión total y por clase de la imagen temática de uso y cobertura del suelo

Nombre de la clase	Muestras totales	Muestras clasificadas	Clasificadas correctamente	Precisión productor	Precisión usuario
Clase 1	28	21	19	67.86%	90.48%
Clase 2	35	44	27	77.14%	61.36%
Clase 3	52	45	38	73.08%	84.44%
Clase 4	25	22	15	60.00%	68.18%
Clase 5	10	18	10	100.00%	55.56%
Totales	150	150	109		
Precisión total de la clasificación =			72.67%		

Tabla 9: Estadístico kappa por clase y total

Clase 1	0.8829
Clase 2	0.4960
Clase 3	0.7619
Clase 4	0.6182
Clase 5	0.5238
Valor total	0.6445

A partir de la matriz de error (tabla 7) se obtiene la precisión total y por clase de la imagen de uso y cobertura del suelo (tabla 8). La precisión total de la clasificación es 72.67 %. La clase 5 es la que presenta menor precisión del usuario, es decir aquella precisión que está calculada como la razón entre el número de muestras clasificadas en esa clase sobre el número total de muestras. En general, esta confusión puede deberse en parte a las limitaciones propias de la aplicación de las técnicas de percepción remota en ambientes con coberturas por debajo del 30 por ciento, si se tiene en cuenta que es esta la clase correspondiente a las mayores presiones de uso en este sistema productivo, tales como las áreas circundantes a las represas y a los corrales. Por otro lado teniendo en cuenta que la distribución de las muestras es asignada por el software al azar, en ocasiones se ubican en sectores con los que no se cuenta con datos de campo detallados, esto conlleva a una incorrecta interpretación de las muestras, y por tanto a una menor precisión. En resumen, del análisis general de la precisión de la clasificación y del índice Kappa puede decirse que la precisión total de clasificación es aceptable.

Luego de la georreferenciación de la imagen temática de uso y cobertura se realizó la matriz de confusión con los 97 puntos enunciados en el apartado anterior.

La matriz de confusión para el mapa de usos y cobertura (tabla 10) se construyó con las cinco clases obtenidas sobre la base del procesamiento digital de imágenes satelitales y las cinco unidades fisonómicas-estructurales definidas a partir del análisis de agrupamiento de los censos florísticos (capítulo 4), utilizando los sitios muestreados (31 sitios) y los puntos observacionales (66 puntos). Estos datos para una apropiada manipulación fueron organizados en un entorno S.I.G.

Tabla 10: Matriz de error del mapa de uso y cobertura del suelo

		Mapa de uso y cobertura del suelo					OT
		CUSC 1	CUSC 2	CUSC 3	CUSC 4	CUSC 5	
Censos y puntos	MD	1	1	0	0	0	2
	BPf o BCt	1	20	2	1	1	25
	MLc	0	10	21	2	0	33
	MAa	1	0	3	9	15	28
	TUAG	0	0	1	3	5	9

MD: Matorral de *Dickya sp.*, BPf: Bosque de *Prosopis flexuosa*, BCt: Bosque de *Celtis tala*, MLc. Matorral de *Larrea cuneifolia*, MAa: Matorral de *Atriplex argentina*, TUAG: tierras de uso agrícola ganadero, CUSC: Clase uso y cobertura del suelo, OT: Observaciones totales por clase

La precisión total es de 58 % (56 muestras bien clasificadas sobre un total de 97) siendo la clase de Matorral de *Atriplex argentina* la que presenta mayor imprecisión. Esta unidad fue definida como “un matorral bajo, que no supera los 50 centímetros de altura, con coberturas variables entre 0% y 30%, con especies arbóreas de *Prosopis flexuosa* principalmente, que, si presente, no supera en todos los casos el 10% de cobertura, con valores bajos de riqueza florística total y por bioforma”. De los 28 puntos que corresponden a esta clase en el terreno, 9 corresponden a la clase 4 y 15 a la clase 5 (indicados con círculo azul en tabla 10). Las clases del mapa temático presentan consistencia en cuanto al patrón espacial de distribución, y a su significado en el terreno, por lo que es apropiado considerar dos clases distintas, si bien las diferencias que se presentan en el terreno son de difícil percepción por el sensor dado que se trata en general de coberturas menores al 30%. Cuando los porcentajes de cobertura superan este valor puede observarse que el procesamiento utilizado no presenta dificultades para discriminar las distintas coberturas del terreno, alcanzando una exactitud de casi el 75 %. La precisión total de la clasificación indica que los resultados son aceptables.

Detección de cambios estacionales

En las tablas 11, 12 y 13 se presentan los resultados del cálculo de la precisión del mapa temático. Estas cinco clases fueron reagrupadas en tres sobre la base de la respuesta a la dinámica estacional del área de estudio y al comportamiento espectral de los elementos de la escena.

Tabla 11: Matriz de error imagen temática de detección de cambios

CLASE	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Total
Clase 1	9	0	2	2	0	13
Clase 2	0	39	6	2	2	49
Clase 3	0	9	37	2	1	49
Clase 4	0	0	10	20	0	30
Clase 5	0	0	2	0	5	7
Total	9	48	57	26	8	150

Tabla 12: Precisión total obtenida de la matriz de error

CLASE	Muestras totales	Muestras clasificadas	Clasificadas correctamente	Precisión productor	Precisión usuario
Clase 1	9	13	9	100.00%	69.23%
Clase 2	48	49	39	81.25%	79.59%
Clase 3	57	49	37	64.91%	75.51%
Clase 4	26	30	20	76.92%	66.67%
Clase 5	8	7	5	62.50%	71.43%
	150	150	112		
Precisión total de la clasificación =			74.67%		

Tabla 13: Estadístico Kappa por clase y total

Clase 1	0.6727
Clase 2	0.6999
Clase 3	0.6050
Clase 4	0.5968
Clase 5	0.6982
Valor total	0.6524

La precisión de la clasificación del 74,67% y el índice Kappa 0,6524 permiten decir que la clasificación es aceptable. Por otro lado, los patrones de distribución de las clases son buenos y corresponden a las situaciones observadas en el campo.

Para la matriz de confusión (tabla 14) se utilizaron las clases obtenidas a partir del análisis de agrupamiento de los censos, reagrupando, como en el caso de las clases temáticas, en 3 clases según su respuesta a la dinámica estacional, utilizando los sitios muestreados (31 sitios) y los puntos observacionales (66 puntos):

Clase 1: corresponde a las unidades fisonómico-estructurales que responden fuertemente a las variaciones estacionales, pertenecen a esta clase el bosque típico del Monte con coberturas variables entre 40% y 80%, que presentan variaciones en la composición florística y, en general, los mayores valores de riqueza florística para la zona (MD: Matorral de *Dickya sp.*; BPf: Bosque de *Prosopis flexuosa*; BCt: Bosque de *Celtis tala*). En esta clase se encuentran además las parcelas de uso agrícola en producción.

Clase 2: corresponde a las unidades fisonómico-estructurales que presentan variaciones estacionales de poca magnitud. Son los matorrales altos de *Larrea cuneifolia* que superan en todos los casos los 70 cm. de altura, corresponden a la vegetación típica de la bajada pedemontana, con coberturas variables entre 30% y 70%; el estrato arbustivo dominante, con cobertura promedio del 45 %, estrato arbóreo con cobertura promedio del 10 % y con estrato herbáceo de perennes y anuales siempre presente (MLc. Matorral de *Larrea cuneifolia*).

Clase 3: representa la clase de no cambio, es decir, aquellas que no responden a la dinámica estacional, y en general donde se observan los mayores procesos de erosión hídrica. Son los matorrales de *Atriplex argentina*, que no supera los 50 centímetros de altura, con coberturas variables entre 0% y 30%, con especies arbóreas de *Prosopis flexuosa* principalmente, que no supera en todos los casos el 10%, con valores bajos de riqueza florística total y por bioforma. Se encuentran además en esta clase los peladares circundantes a los corrales y a las represas. En general son las zonas con mayor presión de uso del sistema productivo (MAa: Matorral de *Atriplex argentina*, TUAG: tierras de uso agrícola ganadero).

Las clases del mapa de detección de cambios son las enunciadas oportunamente en el apartado IX del presente capítulo.

Tabla 14: Matriz de confusión del mapa detección de cambios estacionales

		Mapa de detección de cambios			
		CDCE 1	CDCE 2	CDCE 3	OT
Censos y puntos	MD, BPf o BCt	15	11	2	27
	MLc	1	22	10	33
	MAa o TUAG	1	11	25	37

MD: Matorral de *Dickya sp*, BPf: Bosque de *Prosopis flexuosa*, BCt: Bosque de *Celtis tala*, MLc. Matorral de *Larrea cuneifolia*, MAa: Matorral de *Atriplex argentina*, TUAG: tierras de uso agrícola ganadero, CDCE: Clase detección de cambios estacionales, OT: Observaciones totales por clase

La exactitud total es de 64 % (62 muestras bien clasificadas sobre un total de 97), siendo la clase de Matorral de *Atriplex argentina* la que presenta mayor exactitud (66%). Es interesante indicar que el punto que corresponde a esta clase (círculo azul en la tabla 14) es en el terreno una parcela con actividad agrícola (muestra 22), que al momento del registro de campo presentaba el 80% de cobertura de *Flaveria bidentis* y presencia de rastrojo de maíz de la última cosecha. Se observa además confusión entre las clases 2 y 3, aunque en todos los casos los porcentajes de exactitud son aceptables. Se considera buena la exactitud obtenida para esta clase (68%), dada la necesidad de mayor atención respecto de la degradación, siendo esta unidad de gran relevancia para el estudio de la degradación en la zona. En este tipo de terrenos se presentan los mayores problemas de erosión hídrica, desde la mantiforme a la erosión en surcos y cárcavas; por otro lado, las comunidades de *A. argentina* de estos sectores representan la oferta forrajera disponible a lo largo de todo el año.

La clase de cambios estacionales de poca magnitud presenta un 67 % de exactitud, y la de cambios fuertes 55%. Esta última es relativamente baja, aunque igualmente aceptable según los criterios enunciados. Este error sugiere que aquellos sitios que corresponden al Bosque, pero que presentan baja complejidad expresado en una baja riqueza florística, como es el caso de las muestras 16 y 18 que pertenecen a 2 de los 14 sitios que se confunden en la CDCE 2, deberían haberse asignado a la clase de cambios estacionales moderados, dado que se trataría de bosques empobrecidos o degradados desde el punto de vista de la vegetación, por tanto de cambios estacionales moderado, es decir que desde el punto de vista de la dinámica estacional

presentan un comportamiento similar a los jarillales. En síntesis, la precisión total de la clasificación indica que los resultados son aceptables.

3.2 Conclusiones del capítulo

- Los índices utilizados, Tasseled Cap y TRECEN, son indicadores espectrales apropiados para comprender la situación en el área de estudio vinculada al problema de degradación sobre la base de estas tecnologías.
- Estos índices son accesibles y de fácil aplicación, y cuentan además con buenos antecedentes en su utilización en zonas áridas.
- Se generaron dos mapas temáticos del área de estudio: uno de uso y cobertura del suelo y otro de detección de cambios estacionales. Los valores de precisión obtenidos son aceptables.
- El manejo de la información en un entorno SIG facilita el manejo de la información y su análisis.

4 CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN

4.1 *Introducción*

En 1974 la FAO sienta bases para iniciar una evaluación global de la degradación actual y potencial de los suelos; en décadas anteriores, documentos publicados por la misma organización hacían especial referencia a la vinculación de la vegetación y la degradación de las cuencas hidrográficas;. Wilm (1957) menciona lo siguiente: “Si puede llegarse a una conclusión general en cuanto a la influencia de los bosques en las zonas áridas y en las tropicales húmedas, tal conclusión es la siguiente: que dichas influencias son en estas zonas más pronunciadas que en las más templadas y que, por consiguiente, se hace en ellas más imperiosa la necesidad de una acertada y minuciosa ordenación de la vegetación forestal que conduzca a una regulación óptima de las aguas y a la estabilidad del suelo”; además, en este trabajo se postulan de manera clara y simple las relaciones existentes entre la vegetación, el clima, la disponibilidad hídrica debido a las precipitaciones y su relación con los acuíferos; en referencia a zonas áridas, se menciona que debería ponerse especial prudencia (“máxima prudencia” en palabras del autor) para la ordenación de las tierras forestales, debido a la fragilidad propia de las cuencas en los ambientes áridos, destacando que el crecimiento y rehabilitación característicamente lentos de la vegetación de estas áreas hacen más graves su explotación.

En términos generales la ausencia de vegetación es una situación detonante en los procesos de erosión y degradación de suelos. Estudios realizados para establecer la relación entre erosión laminar y los distintos tipos de vegetación (López, 1994; Pedrani et al., 1983) establecen una relación que muestra que la erosión decrece exponencialmente con el incremento de la cobertura de vegetación bajo las mismas condiciones.

La composición y la estructura (horizontal y vertical) de la vegetación figuran entre los indicadores biofísicos más relevantes, funcionando como un indicador de estado y su variación como un indicador de la dinámica de la vegetación (LUDEPA, 1998; Martínez Carretero, 1989a y 1989b). Esta composición y estructura de la vegetación determinan su fisonomía, por lo que una unidad de vegetación está determinada por la dominancia de una bioforma o un conjunto de ellas. En el área de estudio puede reconocerse en la bajada

pedemontana una unidad denominada localmente como “zampal” y otra como “jarillal”, la primera dominada por *Atriplex argentina* (“zampa” o “cachiyuyo”), la segunda por *Larrea cuneifolia*; por otro lado, las distintas unidades presentan diferente relevancia en la zona. Evaluar el estado de los matorrales de *A. argentina* en el área de estudio es de mayor relevancia que determinar el estado de los matorrales de *L. cuneifolia*, ya que los primeros constituyen una fuente de forraje para el sistema productivo de la zona, mientras que la sola caracterización fisonómica del jarillal es suficiente para conocer la distribución espacial y los patrones de distribución de todas las unidades en el área de estudio, pero no representa en principio un recurso de mayor relevancia en relación al sistema productivo.

En el área de estudio es elevada la dependencia de los actuales sistemas de producción de la vegetación natural. En particular, los sistemas de producción caprinos cumplen una importante función en la economía local. Estos sistemas son mayoritariamente extensivos y de subsistencia. La alimentación del ganado depende básicamente del recurso vegetal autóctono, que en la zona corresponde a los matorrales de *A. argentina*, que forma extensas comunidades en ocasiones casi puras. Distintos autores han destacado la importancia del componente arbustivo en la alimentación del ganado en diversas partes del mundo. Su importancia radica en que éstas conservan el follaje por más tiempo, haciendo disponible nutrientes en las épocas del bache forrajero (invierno y comienzos de la primavera) en zonas áridas y semiáridas. Estas plantas son menos afectadas por las fluctuaciones de las precipitaciones, manteniendo los nutrientes en vástagos y yemas apicales disponibles para los animales durante las estaciones secas (Klusmann, 1988, citado por Bregaglio et al., 1999; Martínez Carretero et al., 1993). En estos matorrales se presentan los tres tipos de erosión hídrica: mantiforme, en surcos y en cárcavas. En este sentido, conocer y evaluar el estado actual de las unidades de vegetación en la zona es de particular importancia para determinar el estado de degradación en el área de estudio.

En este capítulo se busca identificar las unidades de vegetación presentes en el área de estudio sobre la base de un criterio florístico y fisonómico-estructural y evaluar el estado de degradación de los matorrales de *A. argentina*; estos resultados en complementariedad con los obtenidos en el procesamiento digital de imágenes permitieron identificar el patrón de distribución espacial de la vegetación en el área de estudio, como así también establecer



aspectos relevantes sobre un recurso forrajero de especial importancia en el sistema productivo local.

4.2 Recursos y Método

4.2.1 Trabajo de campo

La vegetación se estudió a través de los métodos florísticos (Braun Blanquet, 1979; Mueller Dumbois y Ellenberg, 1974) y de Point Quadrat (Passera et al., 1983).

En primer lugar, se realizaron 31 censos de vegetación por cada unidad homogénea, identificada con un criterio geomorfológico (capítulo 2), en parcelas de 10 m x 10 m evaluando presencia y porcentaje de cobertura específica.

En una segunda etapa se tomaron datos de cobertura y biomasa específica a través del método de transecta de Point Cuadrat modificado (Passera et al., 1983) en 10 sitios seleccionados en el matorral de *A. argentina* asociados a distintos tipos de erosión hídrica. Con los datos se calcularon los siguientes parámetros:

- Suelo desnudo
- Mantillo
- Superficie sin vegetación
- Cobertura
- Cobertura + Mantillo
- Biomasa

Sobre las mismas transectas fueron tomados los siguientes parámetros del micro relieve:

- Frecuencia de canales
- Relación superficie con surco / superficie total
- Base mayor promedio de surco
- Altura mayor promedio de surco

4.2.2 Análisis de los datos

Los censos de vegetación realizados por unidad homogénea y los realizados en el matorral de *A. argentina* fueron analizados con técnicas multivariadas de ordenación por análisis de componentes principales, y de clasificación mediante técnicas de agrupamientos o conglomerados. Para calcular la matriz de distancias se utilizó la distancia euclídea, siendo

ésta la más conocida, de mayor uso y apropiada para la naturaleza de los datos (Tussel, 2005; Bramardi, 2007).

Las matrices elaboradas para el análisis de datos son las siguientes:

$M_{(115 \times 31)}$: corresponde a la matriz confeccionada a partir de las 115 especies censadas (las filas) y los 31 relevamientos realizados. Para la confección de la matriz los porcentajes de cobertura tomados a campo fueron transformados a valores 0 a 5 siguiendo la escala de Braun Blanquet (1979); el valor 0 de la matriz corresponde al signo + de esta escala, siendo reemplazado por éste en los 31 relevamientos.

$M_{(31 \times 5)}$: corresponde a una matriz confeccionada con los 31 relevamientos realizados (las filas) y 5 variables: porcentaje de cobertura de dominante, riqueza florística de árboles, de arbustos, de hierbas y total.

$M_{(10 \times 10)}$: corresponde a una matriz elaborada a partir de los 10 relevamientos realizados en el zampal, y a las 10 variables medidas: suelo desnudo, mantillo, superficie sin vegetación, cobertura, cobertura + mantillo, biomasa, frecuencia de canales, relación superficie con surco / superficie total, base mayor promedio de surco, altura mayor promedio de surco.

Estas matrices fueron estandarizadas por la media para su tratamiento estadístico. Las técnicas utilizadas se detallan a continuación:

Análisis de conglomerados (Cluster) es una técnica de clasificación que permite identificar grupos en el conjunto de datos. Mide la asociación entre objetos, en la formación de los grupos la proximidad está dada por algún tipo de distancia o similitud; las variables se agrupan de acuerdo a los coeficientes de correlación o a medidas de asociación. La representación geométrica de una clasificación jerárquica, como es la que se obtiene a partir de esta técnica, es el dendrograma, donde se visualiza como se van asociando los individuos. Es una técnica ampliamente utilizada, el análisis de conglomerados que se realizó es jerárquico con encadenamiento completo utilizando la distancia euclidiana como medida de distancia (Bramardi, 2007). Estos análisis permitieron reconocer grupos de especies asociadas que corresponden a las situaciones de las comunidades vegetales en el terreno. Se calculó el espectro biológico para cada comunidad (% de cada forma biológica por censo).

Análisis de Componentes Principales: es una técnica de ordenación que permite la representación geométrica de los individuos en una dimensión reducida, lo que facilita la observación de las relaciones entre individuos, sin perder información; explica la estructura

de varianza y covarianza mediante combinaciones lineales de las variables, reduciendo así el volumen de información. Las componentes principales son aquellas combinaciones no correlacionadas donde cada componente o factor sintetiza las varianzas máximas restantes que poseen los datos originales. La primera componente principal acumula la máxima varianza del conjunto de variables. Las siguientes sintetizan aquella varianza que no ha sido explicada por las anteriores componentes. Con esta reducción de dimensiones el análisis se simplifica, poniéndose en evidencia relaciones de grupos, contribución de cada variable a la dispersión de los datos, y relaciones espaciales entre variables. Geométricamente, las combinaciones lineales representan la selección de un nuevo sistema de coordenadas, obtenido por la rotación del sistema original, en el cual los ejes indican las direcciones con máxima variabilidad, dando una descripción más simplificada de la estructura de covarianza. (Tussel, 2005; Bramardi, 2007).

Correlación múltiple entre variables: el análisis de correlación sugiere el grado de asociación entre variables, midiendo la fuerza de la asociación por el coeficiente de correlación. El rango del coeficiente va de -1 a +1. El valor absoluto representa la intensidad de la asociación, mientras que el signo representa el sentido. Un coeficiente igual a cero indica la falta de asociación. Se aplicó esta técnica a los efectos de observar las relaciones entre variables

4.3 Resultados y discusión

4.3.1 Trabajo de campo

Los 31 relevamientos para la caracterización fisonómico-estructural de la vegetación en el área de estudio se realizaron en los 3 niveles agradacionales y en los arroyos y cauces, lo que permitió caracterizar las cuatro unidades geomorfológicas mapeadas en la Bajada Pedemontana. En la tabla siguiente puede observarse de manera general la ubicación, el tipo de erosión presente en el sitio y observaciones cualitativas sobre el estado de degradación del sitio para los 10 relevamientos en los matorrales de *Atriplex argentina*

Tabla 15: Censos Point Cuadrat

Censo	Ubicación	Tipo de erosión	Degradación
1	SUR CHIMO	en surcos	MODERADA
2	SUR CHIMO	en surcos y mantiforme	GRAVE
3	SUR CHIMO	en surcos	MODERADA
4	SUR CHIMO	en surcos	MODERADA
5	SUR MOGOTE	mantiforme	LEVE
6	SUR MOGOTE	mantiforme	LEVE
7	SUR MOGOTE	mantiforme	LEVE
8	LA BUENA ESPERANZA	en surcos	GRAVE
9	LA BUENA ESPERANZA	en surcos y en cárcavas	GRAVE
10	LA BUENA ESPERANZA	en surcos	MODERADA

En el Anexo 1 se presentan las tres matrices confeccionadas a partir de los datos del trabajo de campo y el listado de las especies relevadas.

4.3.2 Análisis de datos

Análisis de conglomerados 1: variable cobertura

El análisis de conglomerados realizado a la matriz ($M_{(115 \times 31)}$) se presenta en la figura 19, en la tabla 16 se sintetizan los grupos identificados en la clasificación, caracterizados por el rango y el promedio de cobertura de especie dominante.

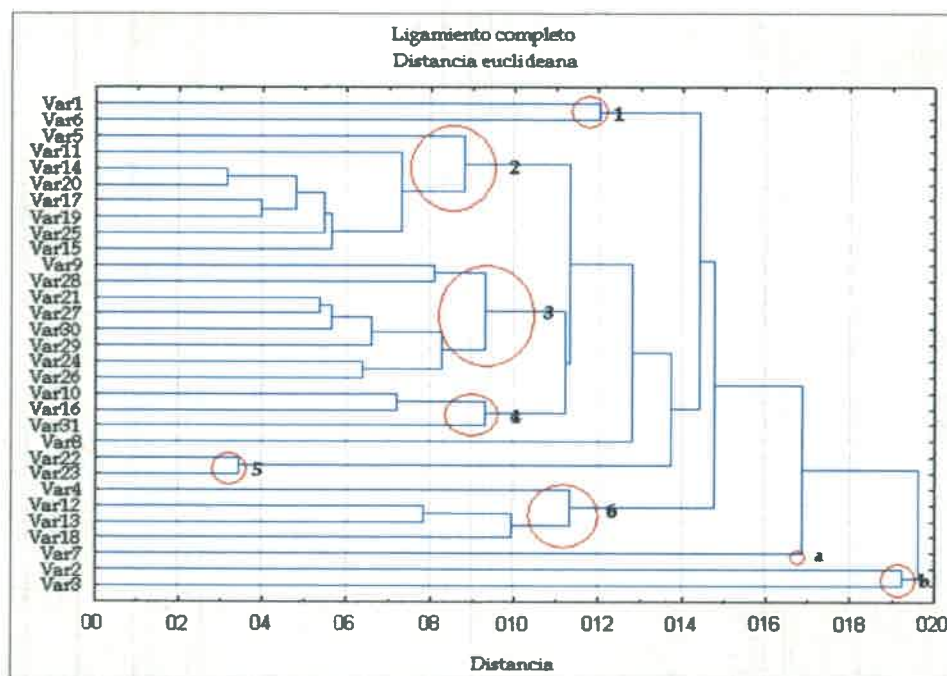


Figura 19: Gráfico del análisis de conglomerados

Tabla 16: grupos identificados a través de la clasificación de las muestras de vegetación

grupo	especie dominante	cobertura promedio (%)	rango de cobertura (%)
1	<i>Dickya sp.</i>	57,5	50 a 65
2	<i>Atriplex argentina</i>	21,5	5 a 30
3	<i>Larrea cuneifolia</i>	45	30 a 70
4	<i>Prosopis flexuosa</i>	65	40 a 80
5	<i>Flaveria bidentis</i>	80	80 a 80
6	<i>Celtis tala</i>	62	50 a 80

El grupo 1 (figura 19), corresponde a censos cuya especie dominante es *Dickya sp.*, con valores de cobertura entre el 50% al 70%. Si bien son pocos los censos que forman este grupo, la homogeneidad que presentan respecto de su composición florística y su riqueza en bioformas y total los indica como una unidad coherente perteneciente a laderas de las serranías bajas que se encuentran en el área de estudio.

El grupo 2 representa a los matorrales de *Atriplex argentina*: un matorral bajo, que no supera los 50 centímetros de altura, con coberturas variables entre 0% y 30%, con presencia de *Prosopis flexuosa*, que no superan en todos los casos el 10%. En cuanto a su distribución espacial esta unidad corresponde a extensas áreas con gran presión de uso por actividades agropecuarias. Los zampales en la zona ocupan extensas áreas en la Bajada pedemontana, correspondientes a la unidad geomorfológica nivel agradacional inferior de la Cuenca Balde del Rosario.

El grupo 3 corresponde a los matorrales de *Larrea cuneifolia*, con coberturas variables entre 30% y 70%. Los censos que se reúnen en esta clase se caracterizan por presentar un estrato arbustivo dominante, con cobertura promedio del 45 %, estrato arbóreo con cobertura promedio del 10 % y un estrato herbáceo de perennes y anuales. Otras especies con porcentajes de cobertura alrededor del 30% son: *Lycium tenuispinosum*, *Bulnesia retama*, *Prosopis flexuosa* y *Lycium chilensis*. Estos matorrales ocupan extensas zonas correspondientes a la unidad geomorfológica nivel agradacional intermedio de la Cuenca Balde del Rosario

El grupo 4 corresponde a un bosque dominado principalmente por *Prosopis flexuosa*, con cobertura promedio del 65%, variable entre 40% y 80%, con presencia de especies indicadoras de ambientes perturbados tales como: *Xanthium sp.*, *Lycium tenuispinosum* y

Flaveria bidentis. Corresponde a los bosques en galería de los cauces en la Bajada Pedemontana.

El grupo 5 reúne áreas de cultivos, los censos que definen el grupo corresponden a sitios de bañados, se caracterizan por hierbas anuales, invasoras, propias de estos sistemas de cultivo como son *Flaveria bidentis*, *Xanthium sp.*, *Argemone sp.* y *Datura ferox*.

El grupo 6 corresponde a un bosque dominado principalmente por *Celtis tala*, con cobertura promedio de 62%, variable entre 50% y 80%, con presencia de *Bulnesia retama* con coberturas superiores al 10%, y con algunos elementos serranos como *Aloysia gratissima*. Representan los bosques en galería de las serranías bajas presentes en la bajada o adosados al frente serrano.

Las situaciones a y b indicadas en el cluster no se identifican como grupo dado no que comparten similitudes en cuanto a cobertura, composición florística y riqueza florística, correspondiendo en el terreno a unidades diferentes.

Análisis de conglomerados 2: variable cobertura de especie dominante y riqueza florística.

El análisis de conglomerados realizado a la matriz M (31 x 5) corresponde a la matriz confeccionada con los 31 relevamientos realizados (las filas) y las 5 variables siguientes: cobertura de dominante, riqueza florística de árboles, arbustos, hierbas y total.

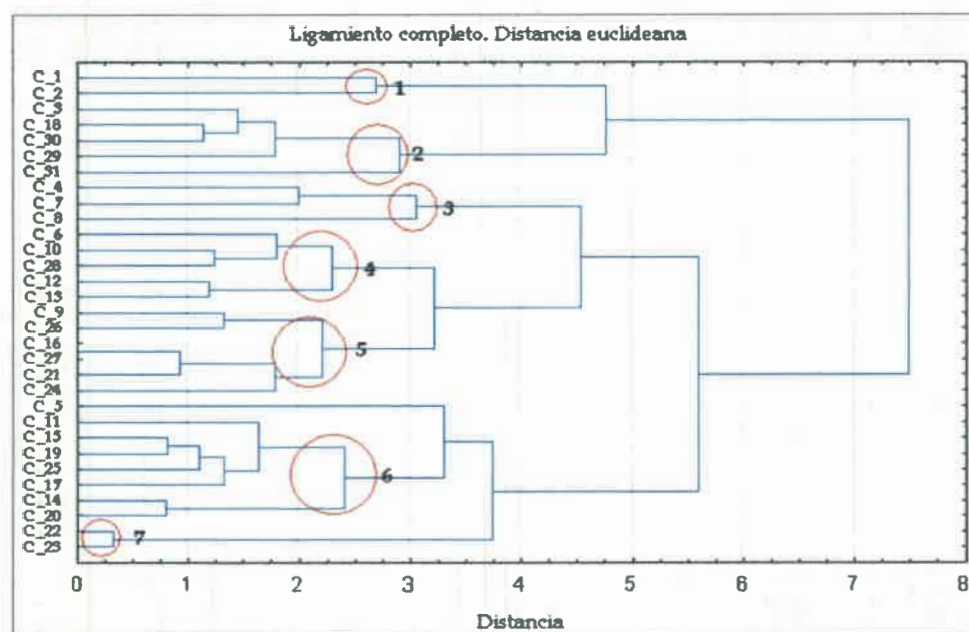


Figura 20: Gráfico del análisis de conglomerados

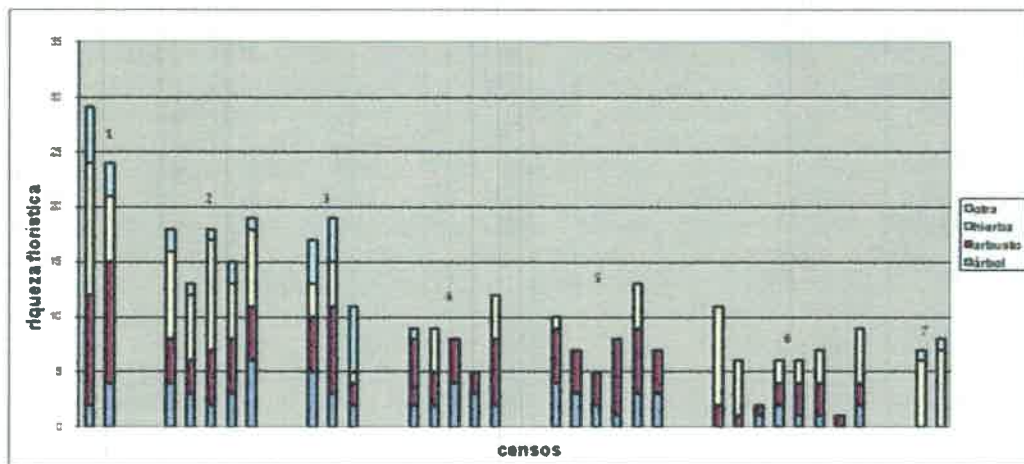


Figura 21: Gráfico riqueza florística por grupo

El grupo 1 (figura 20) corresponde a censos que presentan la máxima heterogeneidad de bioformas y altos valores de riqueza florística en cada uno. Son sitios de laderas de las serranías bajas, con presencia de elementos serranos como *Salvia gilliessii*, *Condalia microphylla* y *Aloysia gratissima*. , aparece un estrato de gramíneas de los géneros *Stipa*, *Pappophorum* y *Digitaria*, además presentan pocas especies con alta cobertura

El grupo 2 corresponde a censos que presentan la máxima heterogeneidad de bioformas y altos valores de riqueza florística de árboles tales como *Bulnesia retama*, *Celtis tala*, *Geoffroea decorticans* y *Prosopis flexuosa*, con coberturas variables entre el 20 % y el 80%; el estrato arbustivo disminuye su riqueza florística respecto del grupo anterior, con *Larrea cuneifolia*, *Lycium tenuispinosum* y *L. chilensis* presentes en todos los censos y con cobertura superior al 30 %. En el terreno corresponden a sitios que ocupan extensas zonas de matorrales altos con coberturas superiores al 50 % de las arbustivas y con presencia de especies arbóreas con altos porcentajes de coberturas.

El grupo 3 presenta valores similares al grupo anterior en cuanto a la riqueza florística, variando la composición de las especies dominantes y las acompañantes, con elementos serranos como *Aloysia gratissima*. Corresponde al bosque ubicado en el frente serrano.

El grupo 4 presenta una riqueza florística total marcadamente menor a los grupos anteriores, y no están presentes todas las bioformas. Corresponde a un bosque de *Celtis tala*, *Geoffroea decorticans* y *Prosopis flexuosa*, con coberturas superiores al 50 %. *Lycium tenuispinosum* es una especie presente en todos los censos alcanzando coberturas de hasta el 40 % en algunos casos.



El grupo 5 se caracteriza por la presencia de árboles y arbustos y la ausencia de casi la totalidad de las otras bioformas. En general con coberturas entre el 30 % y el 40% de *Larrea cuneifolia*, con presencia de arbóreas como *Bulnesia retama* y *Prosopis flexuosa*, con coberturas variables alrededor del 10%.

El grupo 6 corresponde a los matorrales bajos de *Atriplex argentina*, con valores bajos de riqueza florística total y por bioforma, y coberturas variables entre 0% y 30%; el estrato arbóreo esta representado principalmente por *Prosopis flexuosa*, que no supera el 10% de cobertura.

El grupo 7 se caracteriza por la ausencia total de árboles y arbustos, corresponde a áreas de cultivos, dominados por hierbas anuales, invasoras, como *Flaveria bidentis*, *Xanthium sp*, *Argemone sp.* y *Datura ferox*.

En la tabla 17 se presenta una síntesis de los grupos caracterizados en este apartado, indicando el promedio y el rango para los datos de riqueza florística para cada bioforma y para los valores totales.

Tabla 17: Riqueza florística por bioforma y total para los grupos obtenidos

Grupo	Promedio RFA	rango	Promedio RFAr	rango	promedio RFH	rango	promedio RFO	rango	promedio RFT	rango
1	3	2 a 4	10,5	10 a 11	9	6 a 12	4	3 a 5	26,5	24 a 29
2	4	2 a 6	4,4	3 a 5	7	6 a 10	1	1 a 2	16,6	13 a 19
3	3	2 a 5	5	2 a 8	3	1 a 4	5	4 a 6	15,7	11 a 19
4	3	2 a 4	4,2	2 a 6	2	0 a 4	0	0	8,6	5 a 12
5	3	1 a 4	4,83	3 a 5	1	0 a 4	0	0	8,33	5 a 13
6	1	0 a 2	1,88	1 a 3	3	0 a 9	0	0	6	1 a 11
7	0	0	0	0	7	6 a 7	1	1 a 1	7,5	7 a 8

RFA: riqueza florística árbol, RFAr: riqueza florística arbusto, RFH: riqueza florística de hierbas, RFO: riqueza florística otras; RFT: riqueza florística total

Correspondencia entre los agrupamientos obtenidos

A partir de los grupos identificados se construyó una tabla que sintetiza la correspondencia por cada sitio muestral (tabla 18). Cabe señalar que para el agrupamiento donde la variable es cobertura se formaron 6 grupos; mientras que para la variable riqueza florística los grupos definidos fueron 7. Es interesante remarcar que se observa correspondencia con las clases obtenidas en el procesamiento digital de imágenes. Para ilustrar esto la tabla fue coloreada con los mismos tonos utilizados para el mapa temático de uso y cobertura del suelo, (amarillo

y naranja para los sitios de baja cobertura o suelo desnudo, gris para los matorrales con coberturas medias, y azules para laderas y cauces)

Tabla 18: Correspondencia de los grupos obtenidos

Censo	GVCBB	GVRFC	Promedio cobertura grupo	Rango cobertura de grupo	Promedio riqueza florística total grupo	Especie dominante
11	2	6	21.5	5 a 30	6	<i>Atriplex argentina</i>
14	2	6	21.5	5 a 30	6	<i>Atriplex argentina</i>
15	2	6	21.5	5 a 30	6	<i>Atriplex argentina</i>
17	2	6	21.5	5 a 30	6	<i>Atriplex argentina</i>
19	2	6	21.5	5 a 30	6	<i>Atriplex argentina</i>
20	2	6	21.5	5 a 30	6	<i>Atriplex argentina</i>
25	2	6	21.5	5 a 30	6	<i>Atriplex argentina</i>
5	2	6	21.5	5 a 30	6	<i>Atriplex argentina</i>
21	3	5	45	30 a 70	8.33	<i>Larrea cuneifolia</i>
24	3	5	45	30 a 70	8.33	<i>Larrea cuneifolia</i>
26	3	5	45	30 a 70	8.33	<i>Larrea cuneifolia</i>
27	3	5	45	30 a 70	8.33	<i>Larrea cuneifolia</i>
28	3	4	45	30 a 70	8.6	<i>Larrea cuneifolia</i>
29	3	2	45	30 a 70	16.6	<i>Larrea cuneifolia</i>
30	3	2	45	30 a 70	16.6	<i>Larrea cuneifolia</i>
8	-	3	70	50 a 80	15.7	<i>Larrea cuneifolia</i>
9	3	5	45	30 a 70	8.33	<i>Larrea cuneifolia</i>
10	4	4	65	40 a 80	8.6	<i>Prosopis flexuosa</i>
16	4	5	65	40 a 80	8.33	<i>Prosopis flexuosa</i>
31	4	2	65	40 a 80	16.6	<i>Prosopis flexuosa</i>
7	-	3	70	50 a 80	15.7	<i>Acacia furcatispina</i>
2	-	1	40	50 a 65	26.5	<i>Aloysia gratisima</i>
12	6	4	62	50 a 80	8.6	<i>Celtis tala</i>
13	6	4	62	50 a 80	8.6	<i>Celtis tala</i>
18	6	2	62	50 a 80	16.6	<i>Celtis tala</i>
3	-	2	60	50 a 80	16.6	<i>Celtis tala</i>
4	6	3	62	50 a 80	15.7	<i>Celtis tala</i>
1	1	1	57.5	50 a 65	26.5	<i>Dryckya sp.</i>
6	1	4	57.5	50 a 65	8.6	<i>Dryckya sp.</i>
22	5	7	80	80 a 80	7.5	<i>Flaveria bidentis</i>
23	5	7	80	80 a 80	7.5	<i>Flaveria bidentis</i>

(GVCBB: Grupo variable cobertura Braun Blanquet;

GVRFC: Grupo variable riqueza florística y cobertura de dominante)

En la tabla 18 puede observarse la correspondencia entre los grupos obtenidos a partir de los dos análisis de agrupamientos y con las clases temáticas de uso y cobertura; los resultados obtenidos sugieren que valores bajos de cobertura corresponden con valores bajos de riqueza florística, en contraposición, valores altos de cobertura con valores altos de riqueza florística. Una excepción corresponde a los grupos 5 y 7 obtenido a partir de cada análisis de agrupamiento, siendo importante señalar que los censos que lo conforman corresponden a

situaciones de máximo disturbio, dado que pertenecen en el terreno a los bañados de cultivo, área de fuerte actividad y presión por parte del hombre.

A partir del presente análisis pueden reconocerse en el área las siguientes clases de uso y cobertura del suelo, establecidas sobre la base de la composición florística, cobertura y la riqueza por bioforma:

- Matorral de *Atriplex argentina* (indicado con amarillo en la tabla 18): este puede definirse como un matorral bajo, que no supera los 50 centímetros de altura, con coberturas variables entre 0% y 30%, y presencia de *Prosopis flexuosa*, que no supera en todos los casos el 10% de cobertura; con valores bajos de riqueza florística total y por bioforma. Se corresponde generalmente con el nivel agradacional inferior de la Cuenca Balde del Rosario.
- Matorral de *Larrea cuneifolia*: (indicados con gris en la tabla 18): este matorral alto, que supera los 70 cm de altura, presenta coberturas variables entre 30% y 70%; el estrato arbustivo es el dominante, con cobertura promedio del 45 %, estrato arbóreo siempre presente, con cobertura promedio del 10 % y estrato herbáceo de perennes y anuales siempre presente. Otras especies con porcentajes de cobertura alrededor del 30% son: *Lycium tenuispinosum*, *Bulnesia retama*, *Prosopis flexuosa* y *Lycium chilensis*. Los jarillalles en zona ocupan extensas zonas correspondientes a la unidad geomorfológica nivel agradacional intermedio de la Cuenca Balde del Rosario
- Bosque (indicados con azul en la tabla 18): corresponde al bosque típico del Monte con coberturas variables entre 40% y 80%, y en general, los mayores valores de riqueza florística para la zona. En el terreno se pueden reconocer dos variantes fisonómico-estructurales:
 - variante 1: dominada por *Prosopis flexuosa*, con cobertura promedio de 65%, variable entre 40% y 80%, que representa los bosques en galería de la Bajada Pedemontana. En general corresponde a una variante con menor riqueza florística que la siguiente
 - variante 2: dominada principalmente por *Celtis tala*, con cobertura promedio de 62%, variable entre 50% y 80%, con presencia *Bulnesia retama* con coberturas superiores al 10%, y con presencia de elementos serranos como *Aloysia spp.* Son los bosques en galería de los cauces temporarios de las serranías bajas adosados al frente serrano.

Aparecen además otras especies arbóreas como: *Ramorinoa girolae*, *Cercidium praecox*, y *Prosopis chilensis*. Esta fisonomía corresponde con la vegetación que se encuentra en los intercauces de las laderas de estas serranías, donde domina *Dickya sp.*

- Tierras de uso agrícola ganadera (indicados con naranja en la tabla 18): corresponde a sitios de gran presión de uso caracterizado por la presencia de hierbas anuales, invasoras propias de estos sistema de cultivo como son *Flaveria bidentis*, *Xanthium sp.*, *Argemone sp.* y *Datura ferox*, y por la ausencia total de otras bioformas.

Análisis de componentes principales con los datos del matorral de *A. argentina*

Se realizó el análisis por componentes principales a la matriz $M_{(10 \times 10)}$, matriz elaborada a partir de los 10 relevamientos realizados en el zampal, y a las 10 variables medidas: suelo desnudo, mantillo, superficie sin vegetación, cobertura, cobertura + mantillo, biomasa, frecuencia de canales, relación superficie con surco / superficie total, base mayor promedio de surco, altura mayor promedio de surco. Dada la heterogeneidad del conjunto de variables utilizadas en este análisis, el APC fue realizado a partir de la matriz de correlaciones. En la tabla 19 se presentan los autovalores de la matriz de correlación y la varianza absoluta y acumulada para cada componente. Como puede observarse, indicado con círculo azul, las tres primeras componentes acumulan el 91,83 % de la variabilidad del conjunto de datos.

Tabla 19: Autovalores de la matriz de correlación, varianza absoluta y acumulada

Componente	Autovalor	% Total	% Acumulado
1	6,356827	63,56827	63,5683
2	1,937805	19,37805	82,9463
3	0,887923	8,87923	91,8255
4	0,506306	5,06306	96,8886
5	0,227029	2,27029	99,1589
6	0,057730	0,57730	99,7362
7	0,020332	0,20332	99,9395
8	0,006003	0,06003	99,9996
9	0,000045	0,00045	100,0000

En la figura 22, se presenta la proyección de los 10 sitios en el círculo de correlaciones.

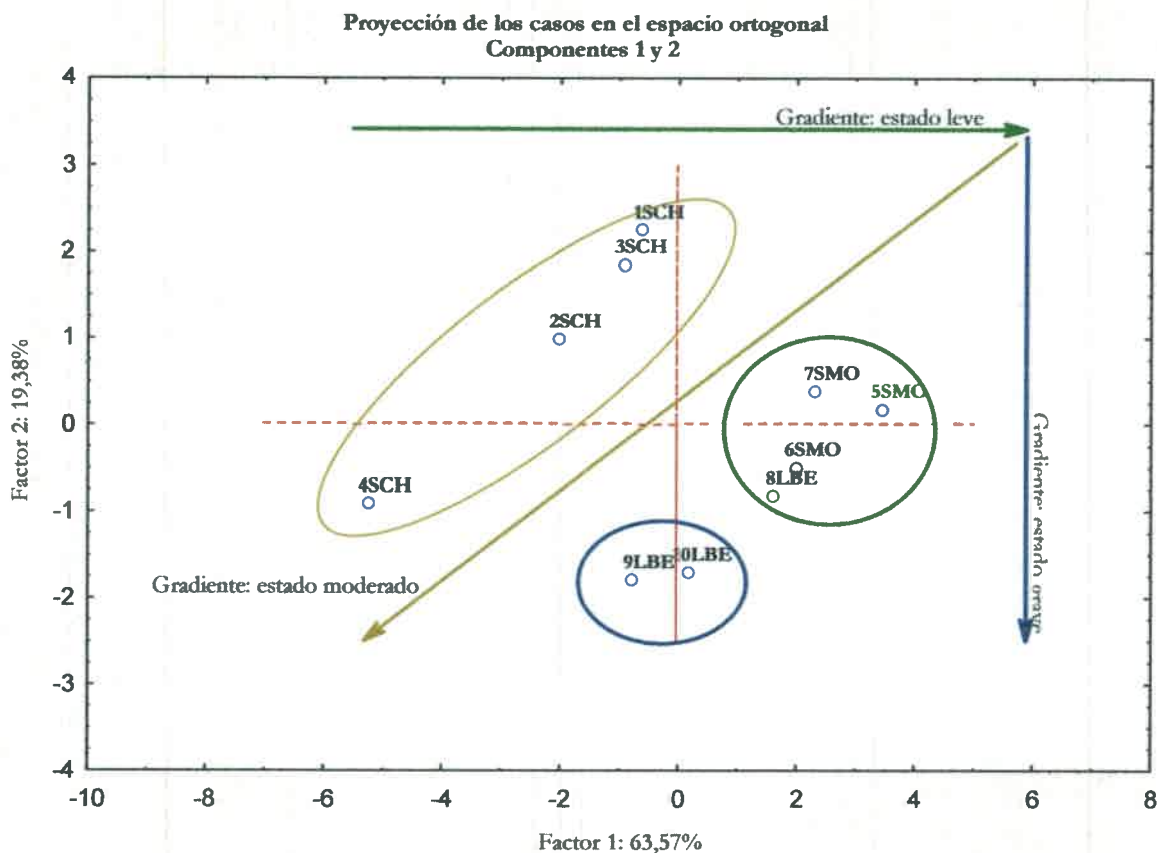


Figura 22: Círculo de correlaciones para los censos

SCH: Sur del Chimo, SMO: sur del Mogote, LBE: La Buena Esperanza, los números indican el censo

Un buen indicador para evaluar la calidad de la representación realizada es la tabla de los cosenos cuadrados, ésta se conforma con los cosenos del ángulo formado entre los vectores de la configuración original y la rotada a través del APC, aquellos puntos que tengan valores de coseno próximos a 1, están presentados apropiadamente y por tanto su interpretación es confiable (Bramardi, 2007).

En la tabla 20 se presenta la tabla de los cosenos cuadrados para los sitios; en ésta puede observarse que los mayores valores en la primera componente corresponden a los sitios 4SCH y 7SMO, ambos por encima de 0,90, los sitios 5SMO, y 8LBE presentan valores próximos a 1, pero de menor magnitud que las anteriores, siendo los restantes menores a 0,50. En la componente 2 los valores mayores a 0,70 corresponden a los sitios 1SCH, 3SCH y 10LBE.

Tabla 20: Cosenos cuadrados para los sitios

Censo y sitio	Factor 1	Factor 2
1 SCH	0,066501	0,888587
2 SCH	0,636414	0,151269
3 SCH	0,174010	0,732434
4 SCH	0,926686	0,027853
5 SMO	0,833036	0,002259
6 SMO	0,449009	0,026559
7 SMO	0,901124	0,025110
8 LBE	0,728848	0,183300
9 LBE	0,084653	0,453706
10 LBE	0,007154	0,735402

SCH: Sur del Chimo, SMO: sur del Mogote, LBE: La Buena Esperanza, los números indican el censo

Otro criterio a tener en cuenta es la contribución de cada variable en la componente analizada. Existen numerosos criterios para tomar esta decisión, en el presente trabajo se toma como límite el fijado por la mitad de la carga máxima obtenida para cada factor para decidir si la variable o el caso contribuyen significativamente a la definición de la componente (Bramardi, 2007). En la tabla 21 se presenta la contribución de cada sitio en la componente.

Tabla 21: Contribución de los sitios en las componentes 1 y 2

Censo y sitio	Factor 1	Factor 2
1SCH	0,66990	29,36362
2SCH	7,14731	5,57293
3SCH	1,42792	19,71639
4SCH	47,92234	4,72500
5SMO	20,87844	0,18574
6SMO	6,90863	1,34051
7SMO	9,37316	0,85680
8LBE	4,59573	3,79149
9LBE	1,02803	18,07461
10LBE	0,04855	16,37290

SCH: Sur del Chimo, SMO: sur del Mogote, LBE: La Buena Esperanza, los números indican el censo

Según el criterio enunciado el sitio que contribuye de modo significativo a la componente 1 es el 4SCH, siendo la contribución del 5SMO relativamente importante respecto al resto de los sitios, y próxima aunque por debajo, del $\frac{1}{2}$ de la carga máxima (=23,96). Por otro lado, los sitios que contribuyen de modo significativo en la componente 2 son 1SCH y 3SCH, 9LBE, 10LBE, los cuatro por encima del $\frac{1}{2}$ de la carga máxima (=14,68)

Resumiendo, teniendo en cuenta los criterios de los cosenos cuadrados y la carga de los casos en cada componente, y observando el gráfico del círculo de correlaciones (figura 22) puede decirse que:

- La **componente 1** está principalmente definida por 4SCH y 5SMO. Es interesante remarcar la simetría de ambos sitios en el gráfico, la cual estaría indicando dos posiciones relativas diferentes en función de los datos medidos; en el campo el primer sitio (4SCH), se caracterizó como de estado de degradación MODERADO debido a la presencia de procesos de erosión en surcos, el segundo sitio (7SMO), al sur del Mogote, como de estado LEVE por presencia de erosión mantiforme. Por otro lado los sitios 5SMO, y 8LBE, dada su proximidad al 7SMO podrían ser identificados de manera conjunta como un grupo, y el 2SCH, dada su proximidad relativa al 4SCHM, conformar un segundo grupo.
- La **componente 2** está definida por los sitios 1SCH y 3SCH, 9LBE, 10LBE; en este caso se observa simetría entre 1SCH-3SCH y 9LBE-10LBE, los primeros corresponden con una situación en el terreno caracterizada como MODERADO debido a la presencia de erosión en surcos; los segundos, ubicados en La Buena Esperanza, se caracterizaron como de estado GRAVE, debido a la presencia de erosión en surcos y en cárcavas.

Los resultados sugieren diferencias entre los sitios muestreados, en este sentido pueden identificarse tres gradientes indicados en la Figura 22, que están en correspondencia con la caracterización realizada en el terreno y en función de la presencia de los tres tipos de erosión descriptos: mantiforme, en surcos y en cárcavas.

En las figuras 23, 24 y 25 se presenta la proyección de las 10 variables en el círculo de correlaciones.

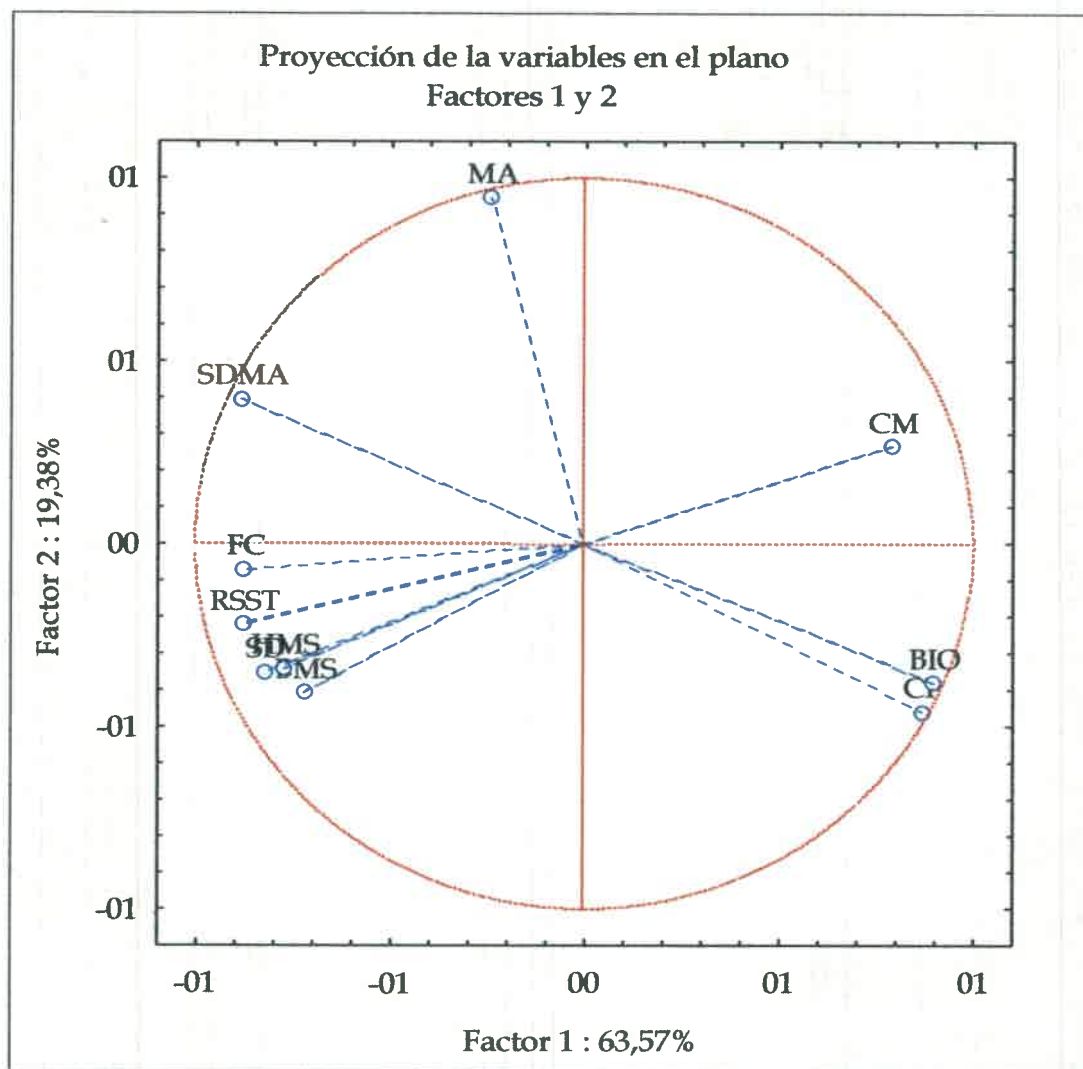


Figura 23: Círculo de correlaciones para las variables factores 1 y 2

SD: suelo desnudo; **MA:** mantillo; **SDMA:** suelo desnudo + mantillo; **CF:** cobertura de forrajera; **CM:** cobertura + mantillo; **BIO:** biomasa; **FC:** frecuencia de surcos; **RSST:** relación superficie con surco/superficie total; **BMS:** base mayor de surco; **HMS:** altura mayor del surco

En la figura 23 están graficadas las componentes 1 y 2; y se puede observar que todas las variables están asociadas a la primera componente con excepción de la variable mantillo (MA), que se está vinculada a la segunda componente. La simetría de los vectores indicaría una correlación negativa entre las variables biológicas (BIO, CM, CF) y las físicas (FC, RSST, SDMA, BMS y SD).

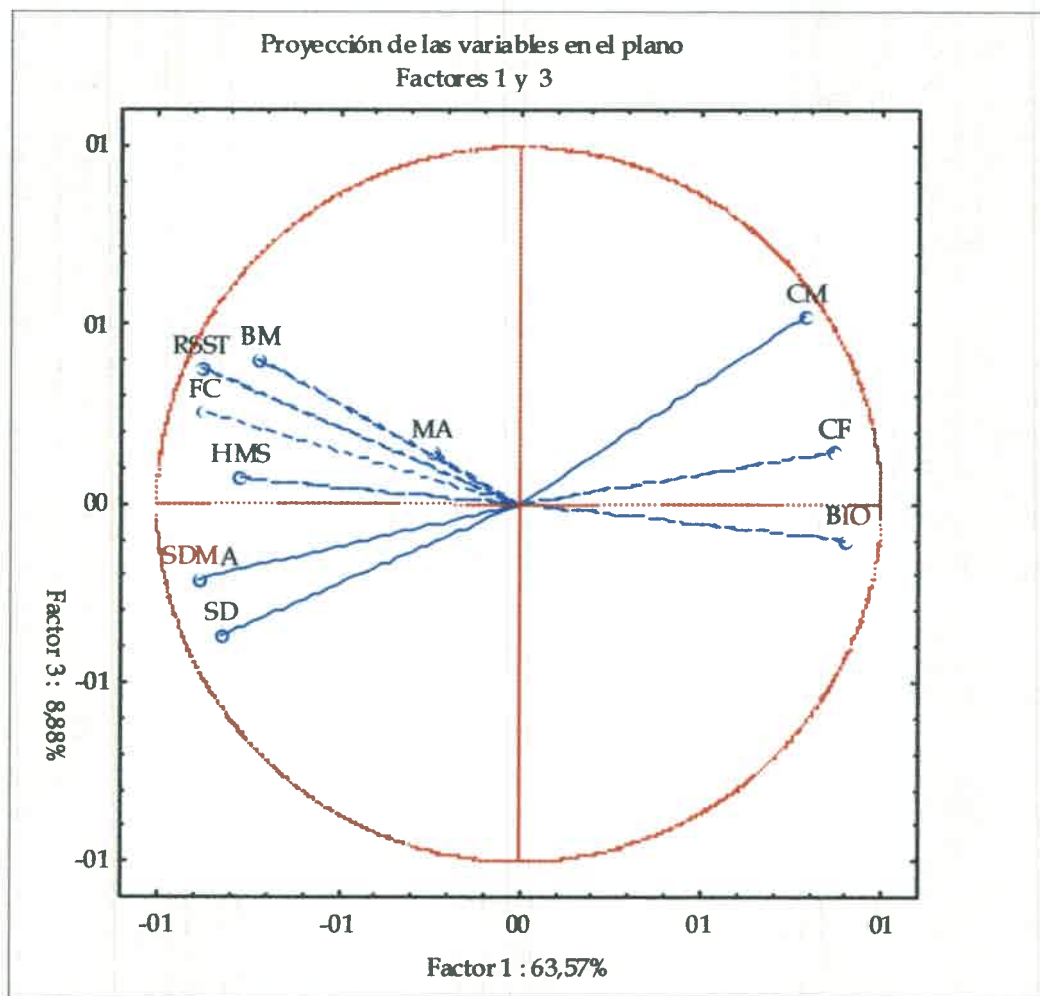


Figura 24: Círculo de correlaciones para las variables, factores 1 y 3

SD: suelo desnudo; **MA:** mantillo; **SDMA:** suelo desnudo + mantillo; **CF:** cobertura de forrajera; **CM:** cobertura + mantillo; **BIO:** biomasa; **FC:** frecuencia de surcos; **RSST:** relación superficie con surco/superficie total; **BMS:** base mayor de surco; **HMS:** altura mayor del surco.

En la figura 24 se grafican las componentes 1 y 3. Se observa una fuerte asociación a la primera componente, nuevamente se presenta simetría de los vectores, lo que indica correlaciones negativas entre las variables biológicas y las físicas, por ejemplo la altura mayor de surco (HMS) estaría correlacionada negativamente con biomasa (BIO), o la cobertura de mantillo (CM) con el suelo desnudo (SD).

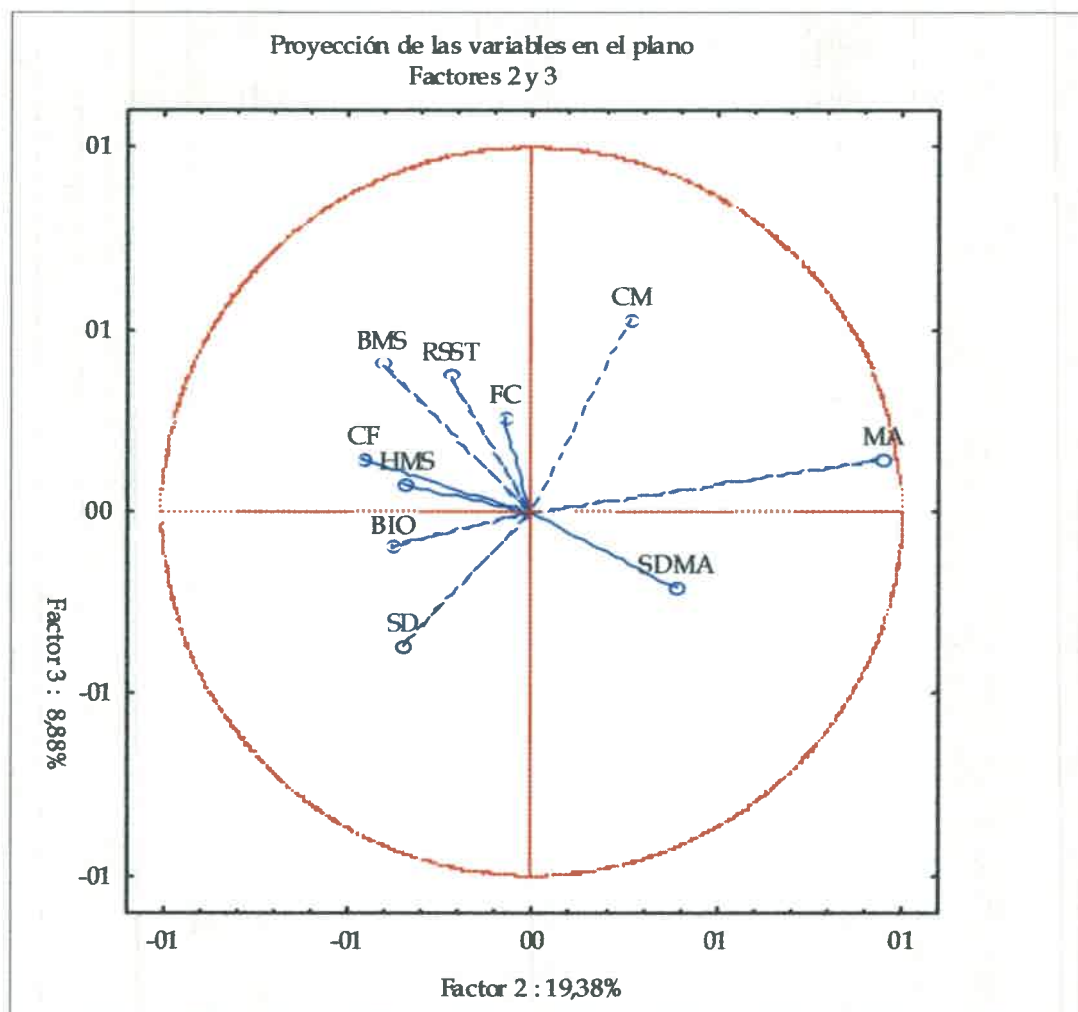


Figura 25: Círculo de correlaciones para las variables, factores 2 y 3

SD: suelo desnudo; **MA:** mantillo; **SDMA:** suelo desnudo + mantillo; **CF:** cobertura de forrajera; **CM:** cobertura + mantillo; **BIO:** biomasa; **FC:** frecuencia de surcos; **RSST:** relación superficie con surco/superficie total; **BMS:** base mayor de surco; **HMS:** altura mayor del surco

En el gráfico de las componentes 2 y 3 (figura 25) se observa nuevamente una clara asociación de la variable mantillo (MA) a la segunda componente y la cobertura de mantillo (CM) asociada a la primera. Para el caso de las variables que están relativamente cerca del centro del gráfico no se realizan consideraciones dado que su interpretación podría ser poco consistente debido a la proximidad al 0.

En la tabla 22 se presentan los cosenos cuadrados para cada variable considerada.

Tabla 22: Cosenos cuadrados para las componentes 1, 2 y 3

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3
SD	0,678083	0,802197	0,939004
MA	0,058744	0,954037	0,975071
SDMA	0,779711	0,933601	0,977869
CF	0,755470	0,966019	0,986549
CM	0,623661	0,693155	0,969823
BIO	0,811399	0,956542	0,966051
FC	0,764288	0,769856	0,836265
RSST	0,771295	0,821140	0,963953
BMS	0,518345	0,685378	0,849538
HMS	0,595830	0,712706	0,718433

En cuanto a la primer componente (factor 1), los resultados muestran que las variables biológicas: biomasa (BIO) y cobertura de forrajera (CF), y las variables físicas: frecuencia de canales (FC), relación superficie de surcos/superficie total (RSST), superficie sin vegetación (SDMA) y suelo desnudo (SD), son las que presentan el mayor valor para esta componente. El mayor valor corresponde a la variable biomasa (BIO: 0,900777), seguido por las recién mencionadas, en todos los casos superiores a 0,75 en valor absoluto.

La segunda componente muestra que las variables cobertura de mantillo (MA), superficie sin vegetación (SDMA), cobertura de forrajera (CF) y biomasa (BIO) son las que están más fuertemente vinculadas a esta dimensión. El mayor valor de esta componente corresponde a la variable mantillo, seguido por las otras mencionadas, en todos los casos superiores a 0,75 en valor absoluto. En la tercera componente, todas las variables contribuyen del mismo modo a esta dimensión.

En la tabla 23 se presentan los valores de contribución de cada variable para los tres primeros factores.

Tabla 23: Contribución de las variables en las componentes 1, 2 y 3

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3
SD	0,106670	0,064048	0,154076
MA	0,009241	0,462014	0,023688
SDMA	0,122657	0,079415	0,049856
CF	0,118844	0,108654	0,023120
CM	0,098109	0,035862	0,311589
BIO	0,127642	0,074901	0,010709
FC	0,120231	0,002873	0,074792
RSST	0,121333	0,025722	0,160839

BMS	0,081541	0,086197	0,184880
HMS	0,093731	0,060314	0,006449

SD: suelo desnudo; **MA:** mantillo; **SDMA:** suelo desnudo + mantillo; **CF:** cobertura de forrajera; **CM:** cobertura + mantillo; **BIO:** biomasa; **FC:** frecuencia de surcos; **RSST:** relación superficie con surco/superficie total; **BMS:** base mayor de surco; **HMS:** altura mayor del surco

Considerando la mitad del valor máximo como parámetro de referencia, la variable que menos contribuye a la componente 1 es el mantillo (MA); biomasa (BIO) presenta la carga máxima, y la contribución de las variables superficie sin vegetación (SDMA), frecuencia de canales (FC) y relación superficie de surcos/superficie total (RSST) son similares y muy próximos a ésta.

En la componente 2 la carga máxima la presenta la variable mantillo (MA), y según el criterio del ½ ninguna otra variable aporta a esta dimensión de modo significativo. En la tercera componente, cobertura + mantillo (CM) es la que presenta la carga máxima, y son de considerar las siguientes dos variables: relación superficie con surco/superficie total (RSST) y base mayor de surco (BMS).

Este análisis surgiere que de las 10 variables originales las que más contribuyen a explicar el conjunto de los datos son:

1. (BIO) biomasa
2. (MA) mantillo
3. (CM) cobertura + mantillo
4. (SDMA) suelo desnudo + mantillo
5. (FC) frecuencia de canales
6. (RSST) relación superficie de surcos/superficie total
7. (BMS) base mayor de surco

Correlación

En la tabla 24 se presenta la matriz de correlación entre las variables analizadas, las correlaciones positivas significativas están coloreadas con azul, las correlaciones significativas negativas, en rojo.

Todas las correlaciones positivas son evaluadas como coherentes, siendo las más destacadas las referidas a biomasa y cobertura de forrajera (0,94), y por otro lado la relación superficie

con surco/superficie total y la frecuencia de canales (0,92), ambas indicadas con subrayado en la tabla 24.

Las correlaciones negativas más fuertes ocurren entre: cobertura de forrajera y suelo desnudo + mantillo y (-0,97); biomasa y suelo desnudo + mantillo (-0,91); cobertura + mantillo y suelo desnudo (-0,90), frecuencia de canales y biomasa (-0,79); es interesante observar la correlación que ocurre entre variables biológicas y las físicas, que son todas en general coherentes: a medida que aumenta la superficie de suelo desnudo o la frecuencia y profundidad de canales en el sitio disminuyen los valores referidos a la vegetación (sitios más degradados), en contraposición, las variables biológicas aumentan su valor cuando los valores de los parámetros morfométricos son menores (sitios menos degradados).

Tabla 24: Matriz de correlación. En rojo y azul: significativa a $p < ,05000$. N=10

	SD	MA	SDMA	CF	CM	BIO	FC	RSST	BMS	HMS
SD	1,00									
MA	-0,22	1,00								
SDMA	0,70	0,55	1,00							
CF	-0,59	-0,63	-0,97	1,00						
CM	-0,90	0,12	-0,69	0,65	1,00					
BIO	-0,56	-0,58	-0,91	0,94	0,57	1,00				
FC	0,73	0,12	0,72	-0,65	-0,52	-0,79	1,00			
RSST	0,67	0,04	0,60	-0,61	-0,54	-0,74	0,92	1,00		
BMS	0,58	-0,12	0,41	-0,39	-0,49	-0,53	0,68	0,81	1,00	
HMS	0,61	-0,06	0,48	-0,54	-0,72	-0,56	0,56	0,78	0,71	1,00

SD: suelo desnudo; MA: mantillo; SDMA: superficie sin vegetación; CF: cobertura de forrajera; CM: cobertura + mantillo; BIO: biomasa; FC: frecuencia de surcos; RSST: relación superficie con surco/superficie total; BMS: base mayor de surco; HMS: altura mayor del surco

Parámetros medidos vs. degradación

Sobre la base de los análisis realizados y de los datos de las variables (máximos y mínimos), y a los efectos de generar una escala estándar para cada variable, se establecen tres estados de situación posibles que caracterizan la degradación de los matorrales de *Atriplex argentina* en la zona (tabla 25). Los valores mínimos y máximos de cada variable han sido redondeados a

con surco/superficie total y la frecuencia de canales (0,92), ambas indicadas con subrayado en la tabla 24.

Las correlaciones negativas más fuertes ocurren entre: cobertura de forrajera y suelo desnudo + mantillo y (-0,97); biomasa y suelo desnudo + mantillo (-0,91); cobertura + mantillo y suelo desnudo (-0,90), frecuencia de canales y biomasa (-0,79); es interesante observar la correlación que ocurre entre variables biológicas y las físicas, que son todas en general coherentes: a medida que aumenta la superficie de suelo desnudo o la frecuencia y profundidad de canales en el sitio disminuyen los valores referidos a la vegetación (sitios más degradados), en contraposición, las variables biológicas aumentan su valor cuando los valores de los parámetros morfométricos son menores (sitios menos degradados).

Tabla 24: Matriz de correlación. En rojo y azul: significativo a $p < ,05000$. N=10

	SD	MA	SDMA	CF	CM	BIO	FC	RSST	BMS	HMS
SD	1,00									
MA	-0,22	1,00								
SDMA	0,70	0,55	1,00							
CF	-0,59	-0,63	<u>-0,97</u>	1,00						
CM	<u>-0,90</u>	0,12	-0,69	0,65	1,00					
BIO	-0,56	-0,58	<u>-0,91</u>	<u>0,94</u>	0,57	1,00				
FC	0,73	0,12	0,72	-0,65	-0,52	-0,79	1,00			
RSST	0,67	0,04	0,60	-0,61	-0,54	-0,74	<u>0,92</u>	1,00		
BMS	0,58	-0,12	0,41	-0,39	-0,49	-0,53	0,68	0,81	1,00	
HMS	0,61	-0,06	0,48	-0,54	-0,72	-0,56	0,56	0,78	0,71	1,00

SD: suelo desnudo; **MA:** mantillo; **SDMA:** superficie sin vegetación; **CF:** cobertura de forrajera; **CM:** cobertura + mantillo; **BIO:** biomasa; **FC:** frecuencia de surcos; **RSST:** relación superficie con surco/superficie total; **BMS:** base mayor de surco; **HMS:** altura mayor del surco

Parámetros medidos vs. degradación

Sobre la base de los análisis realizados y de los datos de las variables (máximos y mínimos), y a los efectos de generar una escala estándar para cada variable, se establecen tres estados de situación posibles que caracterizan la degradación de los matorrales de *Atriplex argentina* en la zona (tabla 25). Los valores mínimos y máximos de cada variable han sido redondeados a

0 ó 5 a los efectos de simplificar la escala propuesta. Los estados de degradación leve, moderado y grave se corresponden con los gradientes presentados en la figura 22. Son consideradas las variables biológicas CF: cobertura de forrajera y BIO: biomasa y las físicas FC: frecuencia de surcos; SD: suelo desnudo; HMS: altura mayor del surco. En el caso de las variables biológicas se descartó el mantillo dado que es un parámetro altamente variable en el terreno, constituyendo una variable menos “estable”; en el caso de los parámetros de relieve se seleccionó altura de los surcos dado que es mas precisa de medir en el terreno e igualmente confiable como el resto de los parámetros de relieve.

Tabla 25: Categorías del estado de degradación de los zampales

ESTADO DEL ZAMPAL	CF (%)	BIO (%)	FC (%)	SD (%)	HMS (cm)
GRAVE	≤ 20	≤ 20	≥ 0,15	≥ 80	≥ 20
MODERADO	20 a 30	20 a 40	0,10 a 0,15	70 a 80	10 a 20
LEVE	≥ 30	≥ 40	≤ 0,15	≤ 70	≤ 10

CF: cobertura de forrajera; BIO: biomasa; FC: frecuencia de surcos; SD: suelo desnudo;

HMS: altura mayor del surco

4.4 Conclusiones del capítulo

- Se identificaron 4 clases de uso y cobertura de la vegetación, establecidas sobre la base de composición florística, cobertura y riqueza florística por bioforma: 1) matorrales de *Atriplex argentina*, 2) matorrales de *Larrea cuneifolia*; 3) bosque, que presenta dos variantes, una dominada por *Prosopis flexuosa*, y otra variante donde domina *Celtis tala*; 4) tierras de uso agrícola-ganadera.
- Los resultados obtenidos sugieren que cobertura y riqueza florísticas son indicadores cuantitativos útiles para caracterizar el estado de degradación de la zona de estudio para esta escala de trabajo.
- La composición florística surge como un indicador cualitativo útil para reconocer el estado de disturbio del área de estudio, tal el caso de *Xanthium spinosum*, *Datura stramonium*, *Gomphrena martiana* en parcelas agrícolas abandonadas.
- Las clases obtenidas sobre la base del análisis de agrupamiento tienen correspondencia con las clases del mapa de uso y cobertura obtenidas a través del procesamiento digital de imágenes satelitales.

- Para el estudio de detalle de los matorrales de *A. argentina* se seleccionaron las cinco variables que mejor explican las situaciones de la degradación en el área de estudio: 1) Cobertura de forrajera; 2) Biomasa; 3) Frecuencia de canales; 4) Suelo desnudo y 5) altura de surco fueron útiles para establecer 3 categorías del estado de degradación de los zampales.
- La distribución espacial de los matorrales de *A. argentina* corresponde a las clases de matorrales con cobertura entre el 5 y el 40%, clases 3 y 4 del mapa de uso y cobertura del suelo, y a las clases de no cambio y de cambios moderados en el mapa de detección de cambios estacionales, es decir presentan coherencia con los resultado de la etapa anterior, y son sitios con evidentes grados de degradación de tierras.
- Los resultados obtenidos sugieren que las variables analizadas en el presente capítulo pueden seleccionarse como indicadores, para esta escala de trabajo, debido a que:
 - Son medibles y responden en forma esperable a las variaciones en terreno. Presentan una relación funcional con el área geográfica en el que fueron aplicados, siendo representativos de la misma y factibles de ser utilizados en estudios de caso de similares características.
 - Son relativamente fáciles de medir, coleccionar y calcular, y de bajo costo, son simples en concepto, accesibles tanto para especialistas como para planificadores y productores, pudiéndose aplicar en el marco de estrategias locales de diagnóstico, rehabilitación y monitoreo de los procesos de degradación en la zona de estudio.

En síntesis, las comunidades de *A. argentina* representan la oferta forrajera disponible a lo largo de todo el año, siendo de vital importancia para el sistema productivo local; su caracterización ha sido posible realizarla a través de las variables medidas; por lo tanto es factible considerar a estas variables como indicadores ambientales para caracterizar el estado de degradación de los matorrales de *A. argentina*.



5 CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y CULTURALES

5.1 Introducción

El marco sintético para el estudio de la degradación de tierras se basa en el papel simultáneo de la dimensión biofísica y humana (los factores socioeconómicos) de la degradación de tierras. Caracterizar los aspectos vinculados a las actividades humanas en el área de estudio es importante ya que los cambios y procesos que caracterizan la degradación afectan directamente el paisaje local; en ese contexto la intervención de los actores locales en esta problemática es necesaria, dado que de ser posible el diseño de estrategias de mitigación y control éstas deberían ser discutidas esencialmente con las comunidades afectadas, respetando la identidad y el bienestar de sus habitantes. En este sentido, tal como se planteara al comienzo, existe una clara necesidad de desarrollar nuevas sociedades de entendimiento entre los sistemas de conocimientos local y el científico; particularmente el Paradigma de la Desertificación de Dahlem plantea entre sus afirmaciones: “*El desarrollo de un conocimiento ambiental a escala local apropiado debe ser acelerado*” y esto implica “crear mejores relaciones entre el conocimiento ambiental a escala local y la investigación científica convencional, empleando buenos diseños experimentales y sistemas eficaces de seguimiento e intercambio de información” (Fernández, 2002; Stafford Smith y Reynolds, 2002, Reynolds, 2002; Reynolds, 2005).

En este sentido se propone caracterizar el uso de la tierra y su vinculación con la degradación en el área de estudio a partir de técnicas etnográficas. La etnografía hace uso de múltiples fuentes de información, proporcionando las bases para la “triangulación”, donde las diferentes clases de información pueden ser sistemáticamente comparadas en un estudio único, facilitando una comprensión más profunda y clara del escenario y de las personas participantes (Hammersley y Atkinson, 1994). Existe una serie de métodos participativos, como el Diagnóstico Rural Rápido (DRR), Diagnóstico Rural Participativo (DRP) y el DRP con Enfoque de Género (DRPEG), en los que el común denominador es la participación activa de la comunidad en el proceso de diagnóstico y aprendizaje sobre sus necesidades y en la toma de decisiones. Se trata de un análisis interactivo que tiende a conocer, comprender y

apreciar los sistemas de gestión tradicionales, respetando las percepciones de la población local en un marco de intercambio permanente y de construcción colectiva de alternativas de desarrollo con énfasis en el uso múltiple de la tierra (Mascarenhas, 1995; Chambers y Guijt, 1998; Mathías, 1998; Arce, 1998; Maundu, 1998, Coirini y Robledo, 1999).

Se parte de una visión compleja del espacio, desde el concepto de territorio, que lo define como un " conjunto de prácticas y sus expresiones materiales y simbólicas capaces de garantizar la apropiación y permanencia de un determinado territorio por un determinado agente social, o Estado, los diferentes grupos sociales y las empresas" (Montañés y Delgado, 1998). Es esperable que una construcción intelectual del espacio y su uso desde la percepción de los actores locales y a través de estas herramientas que ofrece la etnografía, presente fortalezas en diversos aspectos: propicie una oportunidad para el intercambio de conocimientos entre distintas escalas de interés; permita conocer la posición de la comunidad respecto del problema planteado; propicie relaciones de cooperación y trabajo entre los actores involucrados.

La incorporación de la dimensión socioeconómica, es decir la cuestión de qué y cómo viven las personas en este ambiente degradado, cómo perciben la problemática, cómo conocen su territorio presenta dos aspectos que se consideran relevantes: por una parte las consideraciones científicas y técnicas mencionadas hasta el momento en los capítulos anteriores las menciona como necesaria para abordar el estudio de la degradación de tierras, y por otra parte surge que es necesario un análisis sistémico tal como lo plantea el Paradigma de la Desertificación de Dahlem.

En este marco, se presenta la caracterización del sistema productivo local sobre la base de un diagnóstico participativo, con énfasis en el manejo del ganado caprino y la oferta forrajera de *A. argentina*, que permitió identificar indicadores útiles a esta escala de interés, esperando que sea un aporte para que "las nuevas y mutuamente respetuosas sociedades entre los sistemas locales del conocimiento y los métodos científicos occidentales proporcionen oportunidades significativas para acelerar el desarrollo del CAL" (Stafford Smith y Reynolds, 2002).

5.2 Recursos y Métodos

5.2.1 Diagnóstico participativo

Las entrevistas semi-estructuradas son útiles cuando la investigación explora un área nueva, o cuando se quiere saber cuáles son las cuestiones básicas, cómo conceptúan las personas el tema, que terminología es usada por los interrogados y cuál es su nivel de comprensión sobre la problemática que se intenta conocer. Se registran en forma escrita en guías de preguntas, y están dirigidas a informantes claves de la comunidad. Se utilizan preguntas con alternativas fijas, y en casos puntuales, preguntas de final abierto, con el fin de dar al encuestado la oportunidad de contestar en sus propios términos y dentro de un marco de referencia propio (Selltiz et al., 1976; Sabino, 1986).

Para el caso particular de este trabajo las entrevistas se destinaron a ampliar y precisar datos sobre modalidades y particularidades del sistema productivo de la zona y su relación con el problema de degradación de tierras, como así también a indagar sobre la percepción que existe al respecto por parte de los pobladores. Con las respuestas y a través de la distribución de frecuencias se efectuó un análisis descriptivo cuantitativo. Con las respuestas de final abierto se realizó un análisis cualitativo, con el que se caracterizaron posiciones, opiniones, valoraciones de juicio, basados en la metodología del diagnóstico rural rápido o DRR (Coirini y Robledo, 1999). En el Anexo 2 se presenta el modelo de la entrevista llevada a cabo.

5.2.2 Valor pastoral, receptividad ganadera y explotación del matorral de *A. argentina*

A partir de los valores de cobertura de forrajeras y de biomasa obtenidos y de la información aportada por las personas entrevistadas se calcularon los valores pastorales, la receptividad ganadera y la intensidad de explotación de los zampales estudiados (Passera et al., 1983).

El valor pastoral (VP) se calcula mediante la fórmula:

$$VP = 0,1 \cdot (\sum CSC_i \cdot Is_i) \cdot CF_i$$
 donde: 0,1 es una constante; CSC_i es la cobertura específica por contacto; Is_i es el índice de calidad específico; CF_i cobertura de forrajera.

En este caso el índice de calidad específico corresponde al de *Atriplex lampa*, dado que no se cuenta con el valor correspondiente a *A. argentina*, y además ambas presentan similaridad en cuanto a morfología y uso. Es un índice que varía entre 0 y 10, y considera en el cálculo el

valor nutritivo, la palatabilidad, forma de vida y período factible de uso. Tratándose de la misma especie para los 10 sitios analizados, se asume el valor como una constante.

La receptividad ganadera (RG) se calcula considerando el Equivalente Vaca y los valores pastorales y es expresada en ha/EV. El Equivalente Vaca (EV) es una unidad animal que se define como los requerimientos de una vaca en producción incluyendo el forraje que consume el ternero. Los requerimientos para un EV en comunidades similares de otras zonas áridas se estimó en 100 unidades de valor pastoral (100 UVP/EV) (Passera et al., 1983). Los matorrales de *Atriplex argentina* son comunidades empobrecidas, con especies de gramíneas ausentes o raras, y valores de cobertura de especies forrajeras entre 0 % al 30%, por tanto se estima apropiado establecer un Factor de Uso (FU) de 0,5, condición necesaria para al menos mantener la condición de la pastura; si se buscara recuperar la pastura FU debería ser menor (Díaz, 1992).

Por otro lado se calcularon los EV sobre la base de los datos aportados por los productores sobre el número y composición de ganado (carga ganadera actual).

Finalmente se calcula el coeficiente de intensidad de explotación (I_e) que relaciona la carga ganadera actual y la receptividad ganadera. Esta relación varía entre 0 y 1, y permite hacer consideraciones sobre las clases de intensidad ganadera: los valores próximos a 0 son situaciones de ganadería muy extensiva, con condiciones insuficientes, y los próximos a 1 de muy bueno, permitiendo explotaciones de ganadería intensiva (Passera et al., 1993; Escribano et al., 2002).

5.3 Resultados y discusión

5.3.1 Diagnóstico participativo

Se realizaron encuestas semi estructuradas a dos informantes clave de la zona (Taylor y Bogdan, 1990), Don Carlos Vega y Don Alfredo Villafañe, personas respetadas en la comunidad, reportados como amplios conocedores del tema, y además productores agropecuarios que pertenecen a la Asociación de Productores Agrícola Ganadero (APAG), organización que nuclea a 500 productores del Departamento Valle Fértil. Para las entrevistas se acordaron previamente los momentos oportunos con cada uno de los entrevistados, realizándose en el ámbito doméstico, en presencia de otras personas de la familia.

En la encuesta se tuvieron en cuenta también aquellos aspectos que requerían algún grado de profundización, y se realizaron dos actividades de observación visual sobre fotografías aéreas e imagen satelital disponibles de la zona con las personas entrevistadas.

Tenencia de la tierra.

La zona de estudio se extiende a lo largo de la sierra de Valle Fértil abarcando hasta el pueblo de Baldecitos, donde la comunidad más importante en la zona es Baldes del Rosario. En los alrededores del pueblo se encuentran los puestos, donde habitan una o varias familias. Los puestos son: Los Rincones, Rincón Chico, La Buena Esperanza, San Antonio, Yoca y Loma Negra. Existen dos títulos de propiedad condominial, uno que corresponde a la Buena Esperanza, de 6000 ha., y otro a Balde del Rosario y al resto de los puestos, de 30000 hectáreas. La Buena Esperanza ha completado casi la totalidad del alambrado perimetral. En cuanto a Balde del Rosario y al resto de los puestos existe un patrón de ocupación donde hay sectores de usufructo privado de cada familia: los puestos, los corrales y los bañados; mientras que el resto de la tierra es de uso comunitario. Este aspecto se describe en el apartado siguiente.

Espacio social e institucional

Balde del Rosario esta compuesto por un pequeño casco urbano, organizado en calles y manzanas en el cual se agrupan las diversas instituciones y las casas de familia. De acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda de 1991. La cantidad de casas del pueblo era de 25, en las cuales vivían 84 personas. La población de Baldes del Rosario representa actualmente sólo el 3% del total de los habitantes del departamento. Los 122 habitantes se componen de 76 varones y 46 mujeres y se distribuyen en los grupos de edad que se presentan en la Figura 26.

Política y administrativamente depende de la municipalidad de Valle Fértil. Las organizaciones civiles que existen son: la Unión vecinal y el Club Social. Según los pobladores de Baldes del Rosario el funcionamiento como Unión Vecinal data de hace más de 30 años, la personería jurídica data del año 2000. De estas organizaciones civiles podría decirse que el Club representa el poder económico (es la organización que genera ingresos) mientras que la Unión Vecinal, el poder político, es la figura visible ante las autoridades provinciales y municipales y la entidad reguladora hacia la comunidad (Nussbaumer, 2005).

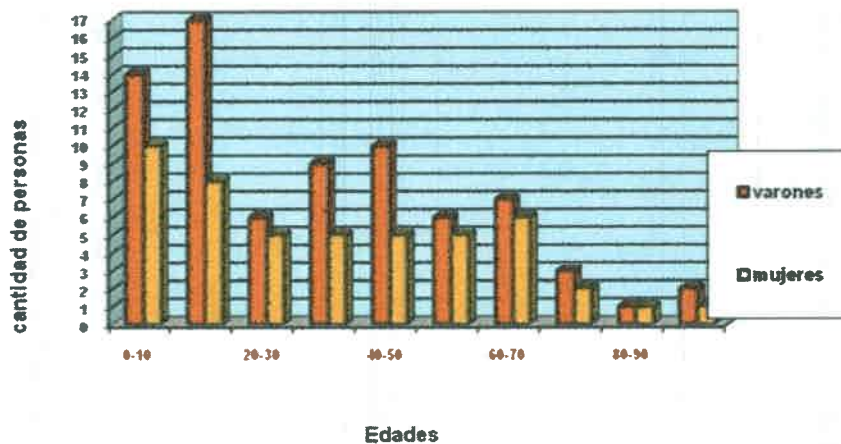


Figura 26: Estructura por edades de la población de Baldes del Rosario, año 2000

(Fuente: Vanesa Vega, Secretaria de la Unión Vecinal, 2001)

Los proyectos que canaliza la Unión Vecinal surgen de la necesidad de la gente sobre diferentes problemáticas que podrían diferenciarse en tres ejes: **la posesión de la tierra (ocupación del espacio), el agua y las mejoras del pueblo**. La Unión Vecinal se encargó de los trámites de titulación de la propiedad comunal mencionada en el apartado anterior. Detrás de estas organizaciones se encuentra una cantidad importante de tradiciones, reglas implícitas y prácticas comunitarias que las consolidan (Nussbaumer, 2005). Las numerosas actividades comunitarias así como la participación en las festividades religiosas, cumpleaños, casamientos y velorios rompen con la imagen de aislamiento que inspiran estas comunidades y favorecen la posibilidad del trabajo conjunto para abordar problemáticas como la planteada en la presente tesis.

Una información relevante sobre la población son las migraciones, ya que sugiere algunos aspectos interesantes sobre la tendencia y las posibilidades de desarrollo local presentes en la zona, además de aportar aproximaciones sobre la disponibilidad de recursos en general, en el sentido del capital económico, material, ambiental y cultural planteado por Bordieu (1986). Se observa que la principal causa de migración corresponde a la búsqueda de trabajo por fuera de su comunidad de origen, representado el 80% de los casos para los hombres y el 59% para las mujeres, esto sugiere que, en cuanto a los capitales económico, material y ambiental para parte de la comunidad no se satisfacen las necesidades mínimas para la permanencia en la zona.

Con respecto a la expresión de búsqueda de trabajo como causa de migración, afirman que es por la inexistencia de trabajo en la zona, excluyendo implícitamente la actividad agropecuaria como un fuente de trabajo (Nussbaumer, 2005).

En este sentido, aparece como insuficiente el capital económico y material de la zona lo que condiciona el capital cultural, mucho más si se tiene en cuenta que en todos los casos la franja etaria de mayor migración es de 16 a 20 años según Nussbaumer (2005). Por otro lado representa una fortaleza el hecho de que existan como puede verse una importante trayectoria de trabajo comunal y organizativo.

Ocupación del espacio

En la zona existe un uso comunitario de los recursos, que ha sido practicado historicamente, ocurriendo entre los pobladores mutuos acuerdos y reconocimientos de derechos (tipo “dueño”) de cada una de las familias. Existen en la zona familias no involucradas en las titulaciones mencionadas precedentemente, sin embargo utilizan la tierra para la cría de sus animales, y para extraer otros recursos como la leña.

El agua se obtiene a partir de perforaciones que alimentan una red para toda la zona y existen dos represas comunitarias construídas en las cercanías del pueblo en las cuales abrevan todos los animales de la zona. En La Buena Esperanza existe una represa propia que se cree la más antigua en funcionamiento. Las vertientes en la sierra son de acceso público. Por las escorrentías estivales, el río La Vaca Blanca cruza por la zona de Baldes del Rosario y es utilizado mediante una canalización para el riego de los bañados.

Por otro lado la mayoría de las casas tienen un pozo-balde, que se destina principalmente para los animales, la higiene de la casa y el riego de las huertas, debido a la salinidad que presenta (Aragón et al., 2000).

Espacio Productivo

Las principales actividades económicas en la zona se relacionan con la explotación bovina de cría y caprina de subsistencia. Como se mencionaba, los procesos de degradación de tierras áridas que ocurren en la zona están vinculados a los efectos directos del ganado, (sobrepastoreo y pisoteo) e indirectos de la tala (para la extracción de leña y postes para los corrales).

Además de la producción ganadera, la zona se caracteriza por una diversificación de actividades tales como el trabajo artesanal del cuero, la producción de tejidos, la agricultura, la producción de derivados de la ganadería, como quesos y quesillos, o la minería, predominando unos u otros acorde a las demandas y necesidades del mercado y de las políticas de desarrollo de la región (Nussbaumer, 2005).

Ganadería

En Balde del Rosario y sus alrededores, según los testimonios históricos y actuales, la actividad ganadera ha tenido una presencia constante de sustento básico durante todo el siglo XX hasta la actualidad. Don Eladio, un poblador de la zona comentaba que: “...*el último arreo que he visto en el '46...un arreo de 300 y tanto animales. Venían de aquí de la zona de Chucuma, Astica, de éstas de acá. Lo llevaban a Jachal. Hicieron una parada a la noche. Ahí les vendieron agua para que les de agua a la hacienda y pastura... Pero le estoy hablando del ochocientos... por que mi abuelo: él ha nacido en el año 1850,... En esos tiempos había invernada en Jachal, ahí invernaban y ya le pasaban a Chile, la pasaban a un lugar que se llama...*” (Podestá, M. y Ronaldi, D. 2000, citado en Informe UNSJ, 2000:24). Esto sugiere un uso histórico de los campos de forraje natural como son los matorrales de *Atriplex argentina* en el bajo y los “coironales” en la sierra: la historia ganadera de los criollos habla de una utilización de los campos de pastoreo por mas de 150 años .

A partir de la exploración sobre la fotografía aérea y la imagen con Don Alfredo Villafañe, se realizó el mapa de uso y cobertura del suelo que se presenta en la Figura 27 y la Tabla 28, donde pueden verse los polígonos delimitados para los bañados, los corrales y las represas. Es interesante mencionar que al momento de la exploración sobre la foto y la imagen, las personas entrevistadas mostraron solvencia en la interpretación e identificación de rasgos físicos y ubicaciones, indicando posiciones, caminos, quebradas, cerros, infraestructuras como corrales y bañados para el caso del fotograma. Esto sugiere un conocimiento detallado del territorio, siendo esto promisorio para futuras discusiones y planificaciones de propuestas de manejo en la zona.



Figura 27: Mapa de uso y cobertura del suelo elaborado con Don Alfredo Villafañe a partir de la exploración sobre la fotografía aérea y la imagen

Tabla 26: Información del mapa de uso y cobertura del suelo

Referencia	Uso de la parcela	Propietario	Tamaño (en ha)
1	Chacra	Carlos Villafañe	2
2	Chacra	Alcides Villafañe	5
3	Chacra	Elio Ontivero	7
4	Chacra	Carlos Vega	2 + 30
5	Chacra	Gilberto Villafañe	8
6	Chacra	Eladio Diaz	6
7	Chacra	Clarita Villafañe	8
8	Chacra	Florencio Ontivero	1000 m x 100 m
9	Corral	Clarita Villafañe	
10	Corral	Carlos Vega	
11	Corral	Gilberto Villafañe	
12	Corral	Ceferino Pizarro	
13	Corral	Pedro Diaz	
14	Corral	Julio Herrera	
15	Corral	Guillermo Villafañe	
16	Corral	Juan Ontivero	

(Fuente: Don Alfredo Villafañe com. pers.)

El número y composición actual del ganado en la zona según los datos relevados a partir de las entrevistas, se presenta en la Tabla 29.

Tabla 27: Composición del ganado en la zona

Condominio	Cabras	Vacas	Yeguarizos	Extensión
La Buena Esperanza	250	550	150	6000 ha
Balde del Rosario	1450	1200	400	30000 ha

(Fuente: Don Alfredo Villafañe com. pers.)

Se realiza un manejo extensivo del ganado, utilizando principalmente las áreas de forraje natural, como son los matorrales de *A. argentina* en el bajo y los coironales en la sierra. En la Tabla 30 se presentan los datos obtenidos en las entrevistas realizadas.

Tabla 28: Manejo temporal y espacial del ganado en la zona

Ganado	Tiempo en el bajo	Tiempo en la sierra
Caprino	12 meses	0
Vacuno	8 meses	4 meses
Yeguarizos	12 meses	0

Algunas consideraciones sobre la información precedente. La producción de ganado vacuno tiene su origen hace más de 150 años en la zona y siempre el manejo ha sido de pastoreo extensivo, en la sierra durante “la seca”, entre los meses de mayo a septiembre, umbral levemente variable en relación a las primeras lluvias de primavera y al estado de las pasturas en el bajo. Según comentaba Don Alfredo, las vacas son “como una caja de ahorro”, es decir que aporta a la economía familiar un respaldo ante gastos eventuales de la familia.

La producción caprina genera trabajo genuino y un medio de subsistencia para los pequeños productores y sus familias, para el autoconsumo y la venta. Como está planteado actualmente el manejo del sistema, no resulta un problema para la organización familiar, debido a la buena división de las tareas que existe dentro de las familias. El pastoreo es extensivo, pero casi exclusivamente en el bajo, a excepción de los puestos de Yoca y San Antonio, con 450 cabras que utilizan más la sierra durante Junio, Julio y Agosto, meses que corresponden al bache forrajero. En ocasiones realizan suplemento de forraje obtenido a partir del manejo de potreros de reserva o de la cosecha de la algarroba (vaina de *Prosopis sp.*).

Don Alfredo comentó sobre la importancia del ganado caprino, debido a la diversidad de productos que aporta como los quesos y los quesillos, el guano y los cabritos, todos productos de venta frecuente en la zona

Los yeguarizos (caballos y mulas) ocupan principalmente el bajo, y son utilizados para las labores agropecuarias y para las incursiones a la sierra en ocasiones de concurrir al cuidado de las vacas. En general no permanecen en los corrales y se crían con pastoreo extensivo del campo natural

En cuanto al manejo diario de los animales, los datos obtenidos se presentan en la Tabla 31.

Tabla 29: Manejo diario del ganado

Ganado	Horas en corral	Horas en campo abierto	Distancias que recorren en el bajo (KM)	
			En el bajo	En la sierra
Caprino	12	12	5	-
Vacuno	12	12	6	5
Yeguarizos	-	24		15

Las composiciones de las majadas y del rodeo, según las personas entrevistadas, se han mantenido en el tiempo, haciendo una generalización hacia los últimos 100 años; las pérdidas considerables que algunos años han tenido, según cuentan, ha sido debido al ataque del puma: “Ahora el puma presiona mas, hay mucho”, haciendo referencia a un lapso de 10 años, al momento de solicitar aclaración.

En cuanto al forraje que utilizan, según las personas entrevistadas, las plantas más importantes son la “zampa criolla” (*Atriplex argentina*), en las sierras el “coirón” (*Stipa tenuissima*), las “aromáticas” (*Salvia spp*, *Aloysia spp.*, entre otras), y el “pasto raíz” (*Trichloris crinita*), todas especies del Monte nativo. Don Carlos comentó que durante los meses de julio y agosto realiza suplemento de forraje para las vacas en los potreros de reserva con “sorgo” y “buffel grass”, pasturas cultivadas en los bañados para tal fin. Se consultó sobre si el campo cubre las necesidades de forraje para su ganado y en todos los casos comentaron que sí.

Indagando sobre el aspecto del estado de los recursos forrajeros en esta zona, Don Alfredo comentó: “Antes el campo era mas verde, hace 30 años había mas “pasto raíz”, “saetilla” y “coirón”...En la sierra, el “coirón” está mas mal que bien se puede decir...antes llegaba al metro”, haciendo referencia a un lapso de 30 años, al momento de solicitar aclaración, comentó además que en la sierra el que hace mucho daño es el fuego. En cuanto a los surcos de erosión que se observan en la zona, comentó que según él recuerda han estado siempre igual, “desde chiquito que me acuerdo”, y mencionó que a veces las grandes tormentas pueden hacerlos mas hondos.

Agricultura

La agricultura es de subsistencia, observándose dos tipos de sistemas: bañados y huertas. Los bañados son áreas de mayor superficie, están los comunitarios y los particulares, donde se cultiva la chacra (maíz, zapallo, porotos y pastos naturales como saetilla). Están cercados con postes de retamo, algarrobo y alambre. El maíz que se cultiva es secado y almacenado en “enramadas” hechas de palo de algarrobo, su uso es para alimentación familiar y de animales (grano para gallinas y chalas para otros). Las huertas familiares presentan variedad de hortalizas como cebolla y lechuga, frutales y aromáticas

La producción de los bañados está en función de las precipitaciones, en algunos años de poca lluvia el cultivo se pierde. Las huertas familiares se riegan con agua de la red comunitaria, estas necesitan mayores volúmenes del recurso para una buena producción.

Capacitaciones

Las personas entrevistadas comentaron que reciben capacitaciones y charlas frecuentemente por parte de instituciones como el INTA, que mantienen un estrecho vínculo con el veterinario de la zona, aunque Don Carlos comentó que “no se aplica mucho”, mas al momento de preguntar si son necesarias dijo: “ La gente sí necesita siempre, que conozca y defienda y cuide lo que tiene”...

5.3.2 Valor pastoral, receptividad ganadera y explotación del matorral de A. argentina

A partir de de los valores de cobertura de forrajera y biomasa se calcularon los valores pastorales y la receptividad ganadera y el índice de explotación ganadera (Passera et al., 1983) para cada sitio estudiado, e integrando aquella información y con la obtenida con las entrevistas realizadas. La realización de la encuesta permitió relacionar estos valores con el uso del sistema por parte de los productores locales, evaluar el uso actual y potencial del sistema productivo y realizar consideraciones acerca del manejo del mismo.

La carga actual se calcula con los datos de composición del ganado (Tabla 29, fuente: Don Alfredo Villafañe, com. pers.) unificando los datos a EV (Tabla 32), con la siguiente escala: vaca con ternero en pie: 1 EV; toro: 1,25 EV; yeguarizos: 0,20 EV; caprinos: 0,16 EV (Passera et al.; 1993).

Tabla 30: composición del ganado en la zona en EV

Localidades	Cabras	Vacas	Yeguarizos	TOTAL EV
La Buena Esperanza / Balde del Rosario	272 EV	1241 EV	660 EV	2173

A los efectos de comparar los datos se tuvieron en cuenta los valores teóricos usuales de composición para estas zonas:

Vacunos: cada 100 cabezas, 5 a 10% de toros, 90 a 95 % vacas, 50% de parición por año.

Cabras: cada 100 cabezas, 5 a 10% de machos, 90 a 95 % de hembras, 40% de parición al año.

Es importante tener en cuenta que en zonas áridas la oferta forrajera es variable debido a su dependencia de las precipitaciones. El presente análisis se centra sobre los valores de los arbustos forrajeros, especialmente de *A. argentina*, que es la oferta de forraje mas estable en estos sistemas: para el forraje de leñosas la curva de distribución de biomasa mas elevada es entre enero a abril y estable durante el resto del año; para los cálculos del coeficiente de intensidad de explotación (Ie) se consideran solamente los equivalentes cabras (EC), ya que la dieta de vacas y yeguarizos está basada prácticamente en un 100% de gramíneas; en la zona yeguarizos y vacas se alimentan también de la zampa (*Atriplex spp.*), de flores de algarrobo (*Prosopis spp.*) y de brea (*Cercidium praecox*) (fotos 11, 12 y 13), y probablemente de otras especies presentes en la zona de acuerdo a las observaciones realizadas *in situ*.



Foto 11: Burro comiendo flores de “algarrobo” (*Prosopis flexuosa*)

(Fuente: Ola Karlin, noviembre de 2007)



Foto 12: Burro forrajear flores de “brea” (*Cercidium praecox*)

(Fuente: Ola Karlin, noviembre de 2007)



Foto 13: Vaca ramoneando “zampa” (*Atriplex sp.*)

(Fuente: Ola Karlin, noviembre de 2007)

Con los datos obtenidos se calculó: el valor pastoral, la receptividad ganadera y el coeficiente de intensidad de explotación (I_e), relacionando la carga ganadera actual de las de las cabras y la receptividad ganadera a un FU: 0.50 (Tabla 33).

Tabla 31: Cobertura de forrajera, biomasa y valores pastorales para cada sitio

Caso	Cobertura de forrajera %	Biomasa %	Valores Pastorales UVP/ha	Receptividad ganadera ha/EV	Receptividad ganadera ha/EV FU = 0.5	I _e
1	12,00	17,60	105,6	0,94	0,47	0,0045
2	11,00	13,80	75,90	1,32	0,66	0,0024
3	12,00	17,60	105,60	0,64	0,47	0,0045
4	5,00	5,68	14,20	7,04	3,52	0,0258
5	31,00	49,96	774,30	0,13	0,06	0,0002
6	25,00	52,00	650,00	0,15	0,07	0,0002
7	28,00	50,98	713,72	0,14	0,07	0,0002
8	31,00	40,00	620,00	0,16	0,08	0,0003
9	26,00	35,00	455,00	0,21	0,10	0,0004
10	26,00	43,00	559,00	0,17	0,08	0,0003

UVP: unidades de valor pastoral; ha/EV: hectáreas por equivalente vaca

Como puede observarse en la tabla 33, valores pastorales más altos presentan valores bajos de receptividades ganaderas, esto indica que cuando mayor es la oferta forrajera del sitio, es menor la superficie que se necesita para satisfacer los requerimientos de un EV. En cuanto al coeficiente de intensidad de la explotación, se observan todos valores próximos a 0, lo que indica un tipo de manejo muy extensivo del ganado, debido esto a la condición insuficiente de la pastura. En cuanto a la receptividad ganadera, según la oferta forrajera del sitio los valores van de 0,8 ha/EV a 3,52 ha/EV, lo que equivale a decir que los rangos oscilan desde algunos sitios del zampal donde 7 EC cubren los requerimientos anuales en 0,08 ha (condición forrajera relativa mejor) a sitios donde 7 EC cubren los requerimientos nutricionales en 3,52 ha (condición forrajera relativa peor).

Por último se realizó un análisis de correlación a estos datos estandarizados (Tabla 34).

Tabla 32: Matriz de correlación. En rojo: significativa a $p < ,05000$

	CF	BIO	VP	RG	RGFU	I _e
CF	1,00					
BIO	0,94	1,00				
VP	0,96	0,98	1,00			
RG	0,68	0,44	0,54	1,00		
RGFU	-0,72	-0,70	-0,62	-0,35	1,00	
IE	-0,72	-0,69	-0,63	-0,36	0,99	1,00

CF: cobertura de forrajera, BIO: biomasa VP: Valores Pastorales; RG: receptividad ganadera; RGFU: receptividad ganadera a FU 0,5. I_e: coeficiente de intensidad de explotación

Se observan correlaciones positivas entre cobertura de forrajera y biomasa, cobertura de forrajera y valor pastoral y cobertura de forrajera y receptividad ganadera; sugiriendo que a mayor cobertura de la especie forrajera, mayor valor pastoral (más forraje). Se observan correlaciones negativas entre: a) receptividad ganadera a FU 0,5 y cobertura de forrajera, b) coeficiente de intensidad de explotación y cobertura de forrajera, c) receptividad ganadera a FU 0,5 y biomasa, d) coeficiente de intensidad de explotación y biomasa. La correlación de receptividad ganadera a FU 0,5 con cobertura de forrajera y biomasa sugieren que a mayor cobertura de la especie forrajera y biomasa, menor receptividad ganadera, es decir menos hectáreas necesarias para satisfacer 1EV. La correlación negativa con el coeficiente de intensidad de explotación, es debida a que como éste ha sido calculado a valor constante de EV (272), a medida que la receptividad ganadera tiene mayor valor absoluto (condición forrajera relativa más pobre), más alejado de 0 resulta el coeficiente de intensidad de explotación, que a los efectos de este cálculo, podría considerarse $(1 - I_e)$, y las correlaciones presentarían valores absolutos iguales o similares, pero con distinto signo. En este caso los valores de correlación positiva serían coherentes, sugiriendo que a menor receptividad ganadera, menos extensivo sería el pastoreo. Es importante señalar que los valores de coeficiente de intensidad de explotación son muy próximos a cero en todos los casos, lo que estaría indicando que todas las situaciones en terreno corresponden a condiciones insuficientes, condicionando una ganadería extensiva alta con fuerte presiones de uso al monte nativo.

5.4 Conclusiones del capítulo

- Sobre la base de las entrevistas a los informantes clave se obtuvo información valiosa y coherente con la de otros sistemas productivos de zonas áridas, como así también con el resto de la información generada en el desarrollo de esta tesis.
- La tenencia de la tierra, indicador de gran importancia al momento de evaluar la problemática de degradación de la tierra, no presenta un aspecto relevante a ser considerado en el contexto del presente trabajo, dado que los pobladores tienen la documentación de tenencia, y están establecidos sólidos lazos de trabajo comunitario.
- En la exploración sobre la foto y la imagen en el DRP, las personas entrevistadas, Don Alfredo Villafañe y Don Carlos Vega, mostraron solvencia en la interpretación e identificación de rasgos físicos y ubicaciones, ilustrando un conocimiento detallado

del territorio, esto es promisorio para futuras discusiones y planificaciones de propuestas de manejo en la zona, teniendo en cuenta también los antecedentes de trabajo comunitario y organizado que se registran en la zona.

- En cuanto a la percepción de la degradación en la zona, se concluye que existen algunas observaciones que están vinculadas a esta problemática. Comentarios de Don Alfredo como “Antes el campo era mas verde, hace 30 años había mas “pasto raíz”, “saetilla” y “coirón”...”En la sierra, el “coirón” está mas mal que bien se puede decir...antes llegaba al metro”, o en oportunidad de mencionar los surcos de erosión que se observan en la zona: “desde chiquito que me acuerdo”, y mencionó que a veces las grandes tormentas pueden hacerlos más hondos; esto sugiere la percepción de los cambios en el paisaje local.
- Los coeficientes de intensidad de explotación son muy próximos a cero en todos los casos, lo que estaría indicando que todas las situaciones en terreno corresponden a condiciones de forraje insuficientes, condicionando una ganadería altamente extensiva con fuerte presiones de uso al monte nativo, en correspondencia con los resultados anteriores.

6 CAPÍTULO 6: INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y SELECCIÓN DE INDICADORES

6.1 Introducción

El análisis integrado permite que sobre la base de un conjunto pequeño de variables pueda ser caracterizado el estado de un ecosistema y los procesos que en él ocurren. Estas variables representan y explican la estructura y las funciones de un sistema ecológico; existen numerosos trabajos que sientan bases conceptuales y metodológicas para identificar y medir estas variables. En términos generales, para distintos objetivos y problemas de estudio, estos trabajos toman lineamientos del modelo de DPSIR (Drivers, Pressure, State, Impact and Responses); consideran a los indicadores del paisaje como un sistema de parámetros que permiten evaluar la presión, el estado y la respuesta del paisaje; definen indicadores de estructura, espacial y temporal, e indicadores de funciones, estos últimos clasificados de acuerdo a los temas o aspectos principales para cada proceso estudiado; evalúan la correlación entre indicadores ambientales de diferentes niveles y de distintas fuentes de datos generalmente sobre la base de análisis estadísticos multivariados. La bibliografía es amplia, se abordan y estudian los mas diversos problemas, en muchos de los casos referidos a lo ambiental, y particularmente al uso y cobertura de la tierra, aportando bases teóricas y metodológicas para la caracterización, la planificación y el manejo de los sistemas ecológicos (Whittaker et al., 2001; Petit y Lambin, 2002; Suarez-Seoane y Baudry, 2002; Walsh et al., 2003; Wu, 2004; Bock et al., 2005; Mander and Müeller, 2005; Müeller, 2005; Purtauf et al., 2005; Dierssen, 2006; Lenz and Peters, 2006; Petrosillo et al., 2006; Venturelli and Galli, 2006; Wiggering et al., 2006; Zurlini et al., 2006).

Siguiendo los lineamientos focales en las discusiones mas recientes sobre indicadores ecológicos, existe alta demanda de investigaciones teóricas e implementaciones prácticas concernientes a como un indicador puede ser óptimamente representado a diferentes escalas y como esas escalas interactúan (Müeller y Lenz, 2006). En particular, cuando se refiere a estudios que caracterizan patrones y procesos de un sistema ambiental humano, como es el sistema productivo estudiado, se utilizan conceptos de ecología de paisaje que sustentan el análisis a múltiples escalas, el estudio de la relación escala-patrones-procesos y ésta con la

dimensión ambiental humana (relación naturaleza-hombre). Hay dos conceptos centrales, desarrollados desde la Ecología y utilizados por diversos autores en el campo de la Geografía, que respaldan estas perspectivas de estudio: el primero de estos conceptos está referido a que los patrones espacio-temporales que caracterizan un paisaje y las interrelaciones entre sus componentes en un ecosistema son interactivos, dinámicos y dependientes de la escala; en segundo lugar, la dependencia de la escala, sustentada por la teoría de las jerarquías, postula que es necesaria una observación a múltiples escalas para comprender los patrones y los procesos que ocurren en un sistema ecológico (Earsterling y Polsky, 2003; Lam, 2003; McMaster y Shepard, 2003; Walsh et al., 2003).

En el estudio de un sistema ambiental humano, sus procesos y su monitoreo, la escala es un problema fundamental; cuando se utilizan datos espaciales, los patrones pueden ser espacialmente homogéneos a una escala y heterogéneos a otra, la diversidad ecológica que se registre depende de la escala a la que se define y mide. Diversos estudios donde se indica la dependencia de la escala son analizados en Lam (2003), indicando especialmente aquellas investigaciones en el campo de la Percepción Remota y los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.). Walsh et al. (2003) indica que los S.I.G. son herramientas apropiadas para el estudio de procesos que pueden ser expresados espacialmente, siendo especialmente utilizadas para estudios de uso y cobertura del suelo.

Un S.I.G. agrupa, unifica e integra información, poniéndola a disposición en un nuevo contexto, permite analizar las interrelaciones entre los niveles, pudiendo agrupar e integrar información actual y antigua, y referida a distintos temas. Aronof (1989) define los S.I.G. como “un conjunto manual o computacional de procedimientos utilizados para almacenar y manejar datos georreferenciados”, para Burrough (1986) un S.I.G. es un conjunto de herramientas para coleccionar, almacenar, recuperar, transformar y visualizar informaciones sobre el mundo real. La definición y las potencialidades de estos sistemas, reflejan su importancia en el tratamiento de información espacial, que en todos los casos permiten la caracterización de los objetos del terreno, sus atributos y su localización espacial; facilitan el análisis gráfico de la dinámica espacial o temporal de parámetros y sistemas, capturando datos a una gran variedad de resoluciones, o generar nuevos niveles de información; facilitan el manejo de información en un entorno cartográfico común y su actualización permanente



(Dangermond, 1990; Câmara y Medeiros, 1996; McMaster y Shepard, 2003; Walsh et al., 2003).

El marco de referencia que permite organizar las observaciones, mediciones y análisis de un sistema de naturaleza compleja como el sistema ambiental humano estudiado es el Paradigma de la Desertificación de Dahlem. En este contexto, y para los fines de este estudio, se toman en cuenta las funciones y estructuras del sistema que permiten reconocer su estado, mas precisamente el estado de degradación, organizando los datos originales disponibles de cada etapa de trabajo en un nuevo nivel de información espacial; el desarrollo de esta etapa permitió conocer la relación entre las variables y los casos en el área de estudio y reconocer criterios para sentar bases sólidas para la selección de un conjunto de indicadores. Además, permitió generar un modelo conceptual jerárquico y un modelo aritmético sencillo para la organización y utilización de los indicadores ambientales de estado integrando aspectos de las distintas escalas de trabajo, y de esta manera desarrollar un marco de trabajo para comprender la cobertura y el uso de la tierra en sistemas productivos en zonas áridas. En síntesis, se realizan aportes metodológicos y conceptuales para la acción sobre los factores que favorecen los procesos de degradación de las tierras áridas, tanto para planes de manejo regionales como para las comunidades rurales afectadas en el área de estudio, de tal manera que puedan ser discutidos los conocimientos adquiridos para evitar o disminuir la extensión y magnitud de las áreas degradadas o su recuperación en función de la información disponible.

6.2 Recursos y métodos

En este estudio, realizado en escalas múltiples, se evaluaron las interrelaciones espaciales entre los niveles de información generados en cada etapa de trabajo y se seleccionaron indicadores útiles para caracterizar el estado de degradación en la zona de estudio. La caracterización de la degradación en el sistema ambiental humano estudiado se realiza desde una aproximación jerárquica. Los recursos utilizados son: a) los niveles de información de cada tema analizado, b) los sistemas de información geográfica y c) técnicas de estadística multivariada.

6.2.1 Sistematización de la Información disponibles y armado de S.I.G.

Analizando el conjunto de datos medidos y las herramientas utilizadas, se observa que en todos los niveles de trabajo se generó información que es factible de ser expresada en

términos de atributos espaciales y por tanto de ser manejada e interrelacionada en un S.I.G. Este conjunto de información multiescala, que constituyen los casos y las variables a analizar, se organizó en un S.I.G.

6.2.2 *Análisis estadísticos multivariados*

Determinar las resoluciones apropiadas y las coberturas a analizar para estudios de caracterización y monitoreo ambiental es dificultoso (Lam, 2003). Por otro lado, la selección de variables, y por tanto de aquellas herramientas apropiadas para medirlas, es una decisión realizada teniendo en cuenta los criterios que establece el Paradigma de la Desertificación de Dahlem en el sentido de que: a) sean variables lentas y b) constituyan un indicador apropiado para la escala de interés en la que se utiliza.

Con la información disponible se realizó la selección y organización de los niveles de información sobre los que se analizaron las relaciones espaciales entre las escalas de interés. En general, para evaluar la estructura y la interrelación entre las múltiples variables de cada nivel y los niveles de información se utilizan técnicas de análisis multivariados (Müeller, 2005; Purtauf et al., 2005). La aplicación de estas técnicas facilita el análisis de las relaciones y pone de manifiesto posibles grupos dentro del conjunto de datos, permitiendo detectar las variables que mayormente contribuyen a estas asociaciones. En este trabajo se realizó análisis de agrupamiento, análisis por componentes principales y de correlación múltiple.

6.2.3 *Selección de indicadores y modelo analítico*

Finalmente, sobre la base del análisis estadístico, se seleccionaron los indicadores apropiados para cada nivel de trabajo y se propone un marco de trabajo o modelo sintético jerárquico elaborado sobre la base de un conjunto mínimo de variables para la utilización de los indicadores ambientales de estado, integrando aspectos espaciales y temporales en distintas escalas. Cada nivel de trabajo representa un nivel organizacional, está caracterizado por una escala de interés, en el sentido definido oportunamente, y por tratarse de una escala operacional en algunos casos se sugieren o aportan elementos para su aplicación práctica.

6.3 Resultados y discusión

6.3.1 Sistematización de la información disponibles y armado del S.I.G.

Cada nivel o cobertura en el S.I.G. generado permite: a) obtener cartografía digital a escalas variables de temas particulares sobre el área de estudio, significando en algunos casos una actualización de la cartografía disponible, factible de ser utilizada por los mas diversos grupos de interés, como es el caso de las curvas de nivel con una equidistancia de 50 metros, la red hidrográfica generadas a partir del MDT, o el mapa de parcelas de cultivo para chacra (bañados) y para el ganado caprino (corrales); b) manejar los niveles de información en un entorno espacial común, facilitando el análisis de patrones y procesos y sus interrelaciones cualitativas y cuantitativas.

Para el montaje del banco de datos fue necesaria la georreferenciación de las imágenes satelitales y el armado de las coberturas correspondientes a los censos fisonómico-estructurales y los puntos observacionales. Como base cartográfica para la georreferenciación se utilizó la imagen Landsat disponible en <http://www.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>. La cartografía generada se encuentra en el sistema Gauss Krugger; Datum Campo Inchauspe y en metros. En la Tabla 35 se indica el detalle de los niveles o coberturas del S.I.G. generado, y en el Anexo 3 se presentan los mapas obtenidos.

Tabla 33: Descripción de los niveles o coberturas del S.I.G.

Nivel o cobertura	Fuente	Categoría	Formato
Modelo Digital de Terreno (MDT)	NASA (SRTM) (capítulo 2)	Imagen raster	.tif
Curvas de Nivel	Procesamiento digital del MDT (capítulo 2)	Vector (polilíneas)	.shp
Red Hidrográfica	Procesamiento digital del MDT (capítulo 2)	Vector (polilíneas)	.shp
Mapa de Uso y cobertura del suelo	Procesamiento digital de las dos subescenas anteriores (capítulo 3)	Imagen temática	.img
Mapa de Detección de Cambios estacionales	Procesamiento digital de la subescena de marzo (capítulo 3)	Imagen temática	.img
Muestras	Observaciones detalladas en el terreno: 31 muestras de censos fisonómico estructurales, 8 censos point cuadrat (capítulo 4)	Vector (punto)	.shp
Parcelas	Encuestas informantes clave (capítulo 5) y fotografía aérea (CEFOCCA, 1980)	Vector (polígono)	.shp

En la Figura 28a se presenta un sector del mapa de detección de cambios estacionales con superposición de las coberturas de parcelas de uso agrícola y en la Figura 28b, el mismo sector del mapa de uso y cobertura del suelo.

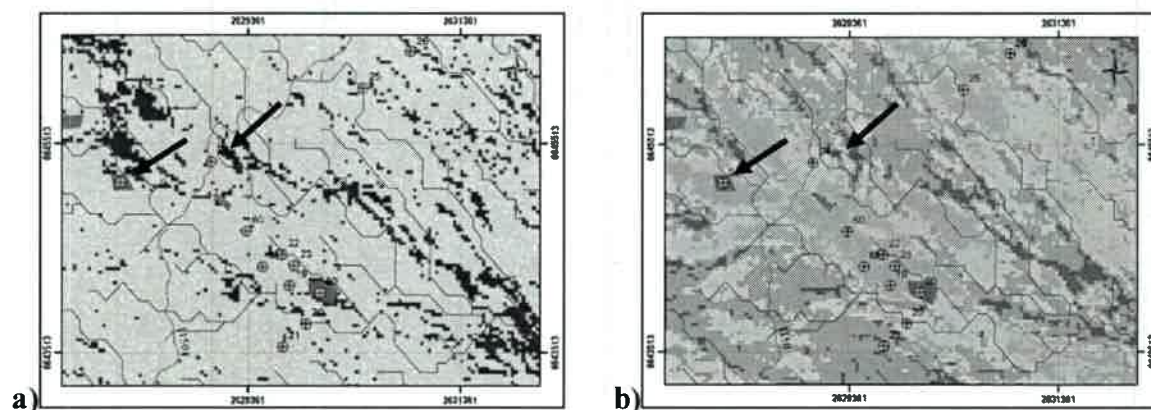


Figura 28: a) sector del mapa de detección de cambios estacionales; b) sector del mapa de uso y cobertura del suelo

A continuación se analizan dos situaciones en el terreno, indicadas mediante flechas en la figura 28, una que corresponde a una parcela de cultivo de La Buena Esperanza y otra que corresponde a un bosque en galería de los cauces secos. En las figuras puede observarse además la superposición de las curvas de nivel, la red hidrográfica, las parcelas de actividad agrícola y las muestras de terreno. Del análisis de la figura surge:

- ✓ En a) el bañado corresponde a la clase 3 (amarillo), aquella rotulada como que no responden a la dinámica estacional, y el bosque en galería a la clase 1 (rojo), que responden a la dinámica estacional; para el caso de la parcela se trata de una parcela abandonada, es decir actualmente no se encuentra en producción; el bosque en galería, presenta una estacionalidad relativamente más marcada, en respuesta a las precipitaciones estivales
- ✓ En b), analizando el mapa de uso y cobertura del suelo, el primer caso corresponde a sectores de suelo desnudo con gran presión de uso, asociados a la actividad agrícola y pecuaria, dominan las clases 4 y 5 (naranja y amarillo respectivamente), con coberturas inferiores al 30%; la segunda situación descrita corresponde a los cauces principales de la bajada pedemontana, distribuyéndose a lo largo de la red de drenaje (azul).

En la Figura 28a se presenta un sector del mapa de detección de cambios estacionales con superposición de las coberturas de parcelas de uso agrícola y en la Figura 28b, el mismo sector del mapa de uso y cobertura del suelo.

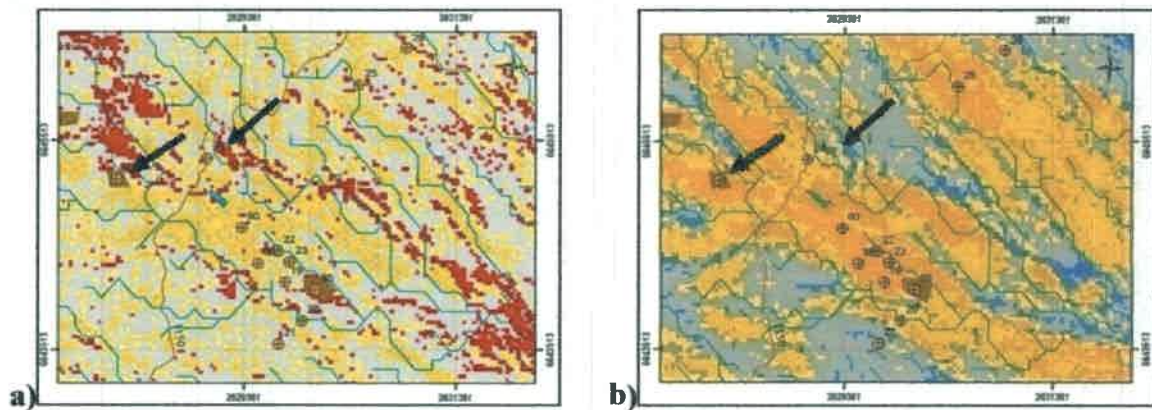


Figura 28: a) sector del mapa de detección de cambios estacionales; b) sector del mapa de uso y cobertura del suelo

A continuación se analizan dos situaciones en el terreno, indicadas mediante flechas en la figura 28, una que corresponde a una parcela de cultivo de La Buena Esperanza y otra que corresponde a un bosque en galería de los cauces secos. En las figuras puede observarse además la superposición de las curvas de nivel, la red hidrográfica, las parcelas de actividad agrícola y las muestras de terreno. Del análisis de la figura surge:

- ✓ En a) el bañado corresponde a la clase 3 (amarillo), aquella rotulada como que no responden a la dinámica estacional, y el bosque en galería a la clase 1 (rojo), que responden a la dinámica estacional; para el caso de la parcela se trata de una parcela abandonada, es decir actualmente no se encuentra en producción; el bosque en galería, presenta una estacionalidad relativamente más marcada, en respuesta a las precipitaciones estivales
- ✓ En b), analizando el mapa de uso y cobertura del suelo, el primer caso corresponde a sectores de suelo desnudo con gran presión de uso, asociados a la actividad agrícola y pecuaria, dominan las clases 4 y 5 (naranja y amarillo respectivamente), con coberturas inferiores al 30%; la segunda situación descrita corresponde a los cauces principales de la bajada pedemontana, distribuyéndose a lo largo de la red de drenaje (azul).

- ✓ Se observa coherencia entre las clases de ambos mapas, patrones que se repiten en la escena, como por ejemplo la dominancia de la clase que no responde a la dinámica estacional asociadas a las parcelas de actividad pecuaria y agrícola, o la asociación de las parcelas de cultivos a la red de cauces, patrón característico de prácticas de secano donde se aprovecha el agua de la escorrentía luego de las lluvias.

Este análisis se realizó para la totalidad de las muestras en el entorno S.I.G., facilitando la observación de los patrones y los procesos vinculados a la degradación de tierras en el área de estudio. Para la evaluación cuantitativa de las relaciones entre los niveles se generó un nuevo nivel de agregación de los datos, de tipología puntual.

6.3.2 *Análisis multivariado*

Selección de las variables a analizar

En la Tabla 36 se presenta un sumario de los niveles de información que se tuvieron en cuenta para el presente análisis, todos ellos disponibles en el S.I.G.

Tabla 34: Sumario esquemático de los niveles de información multiescala (NIM)

Nivel	Set de datos	Método aplicado	Resultados
<i>Escala subregional</i>			
1	TM: B3 época seca B3 época húmeda	TREC Matriz de confusión Estadístico K	Mapa de detección de cambios estacionales
2	TM época seca	Tasseled cap Matriz de confusión Estadístico K	Mapa de uso y cobertura del suelo
<i>Escala de semidetalle</i>			
3	Censos de vegetación 1	Relevamiento florístico Análisis de agrupamiento	Clases de cobertura
4	Censos de vegetación 2	Point quadrat Principales componentes Correlación múltiple	Identificación de parámetros físicos y biológicos
<i>Escala local</i>			
5	Entrevistas informante clave	TDRP	Mapa de uso

A partir de estos niveles se generó un nuevo nivel de agregación de los datos de tipología puntual, donde las categorías (filas de la tabla de atributos del S.I.G.) son 61 puntos observacionales obtenidos de las muestras de cada etapa, y los atributos (columnas de la tabla de atributos del nivel en el S.I.G.) son caracteres comunes a todas las muestras tomadas en el terreno y la pertenencia a una clase temática. Esta tabla de atributos constituye la matriz de datos para el análisis multivariados. Esta matriz fue estandarizada previamente por la media para su tratamiento estadístico.

Los 61 puntos observacionales (casos a analizar) fueron obtenidos de las siguientes fuentes: a) 31 puntos a partir de los censos fisonómicos-estructurales, b) 20 puntos observacionales a partir del mapa de uso y cobertura generado en las entrevistas a informantes claves; c) 9 puntos de los censos de Point Cuadrat en los matorrales de *Atriplex argentina*. Los atributos definidos para cada punto observacional (variables a analizar) fueron:

- a) riqueza florística de árboles (**RFAo**),
- b) riqueza florística de arbustos (**RFAu**),
- c) cobertura de árbol dominante (**CDAo**),
- d) cobertura de arbusto dominante (**RFAu**),
- e) clase temática de uso y cobertura (**CTUC**)
- f) clase temática de detección de cambios estacionales (**CTDC**),
- g) clase de uso o cobertura del suelo en el terreno (**CUCS**).

Los datos de riqueza y cobertura para árboles y arbustos dominantes fueron obtenidos de los censos originales. Para el caso de los 20 puntos de actividad productiva, se realizó el registro de los valores de riqueza y cobertura en un cuadrado de 10 por 10m para cada uno de los 11 bañados, en caso de los corrales estos valores se asumen como 0 dada la ausencia de vegetación.

Las clases temáticas corresponden a los mapas obtenidos sobre la base del procesamiento digital de imágenes satelitales, los valores de los mapas temáticos corresponde a los rotulados oportunamente; para el análisis de las asociaciones es importante señalar que las clases temáticas de ambos mapas fueron rotuladas siguiendo el ordenamiento arrojado por la clasificación no supervisada, de tal manera las clases rotuladas con menores valores presentan en el terreno los mayores valores de cobertura y riqueza florísticas.

Las clases de uso y cobertura para cada punto fueron definidas en base al conocimiento en el terreno, a su reconocimiento como unidades referenciadas por parte de los pobladores locales y al censo fuente, y están en todos los casos en correspondencia con las unidades de vegetación descriptas en la bibliografía disponible (Morello, 1958; Cabrera, 1994; Dalmasso y Marquez, 1999; Demaio et al., 2002), su denominación está establecida con un criterio fisonómico-estructural y de tipo de uso para los pertenecientes a áreas de uso agrícola o ganadero, asignándoles valores de 1 a 6.

Las clases descritas en los párrafos anteriores están resumidas en la Tabla 37.

Tabla 35: Valores asignados a las clases

Clases de uso y cobertura (fuente datos de campo, ver capítulo 4)	
Clase	Valor asignado
BV1: bosque variante 1 (“bosque de la sierra”)	1
BV2: bosque variante 2 (“bosque de la bajada”)	2
MLc: matorral de <i>Larrea cuneifolia</i> (“jarillal”)	3
MAa: matorral de <i>Atriplex argentina</i> (“zampal”)	4
ACO: Parcela de actividad pecuaria (corral)	5
ACU: Parcela de actividad agrícola (bañado)	6
Mapa uso y cobertura del suelo (fuente Tasseled cap, capítulo 3)	
CTUC	1
CTUC	2
CTUC	3
CTUC	4
CTUC	5
Mapa detección de cambios estacionales (fuente TREC, capítulo 3)	
CTDC	1
CTDC	2
CTDC	3

Dado que se trata de variables cualitativas ordinales para analizar su similitud (distancias) se utilizó la distancia euclidiana. La matriz $M_{(61 \times 6)}$ (Anexo 4) fue previamente estandarizada mediante la media

Análisis de conglomerado

Para una primera exploración de los datos se realizó el análisis de conglomerados para identificar grupos dentro del conjunto de datos. Se realizó un análisis de conglomerados jerárquico con encadenamiento completo utilizando la distancia euclideana como medida de distancia (Figura 29).

Se observan dos grandes grupos, indicados con 1 y 2 en los nodos del gráfico (figura 29). El grupo 1 corresponde a aquellos puntos observacionales identificados como variantes del bosque o matorrales de *Larrea cuneifolia* (“jarilla”); el 2 corresponde a los matorrales de *Atriplex argentina* (“zampa”), las parcelas de actividades pecuaria (corrales) y agrícola (bañados de cultivo).

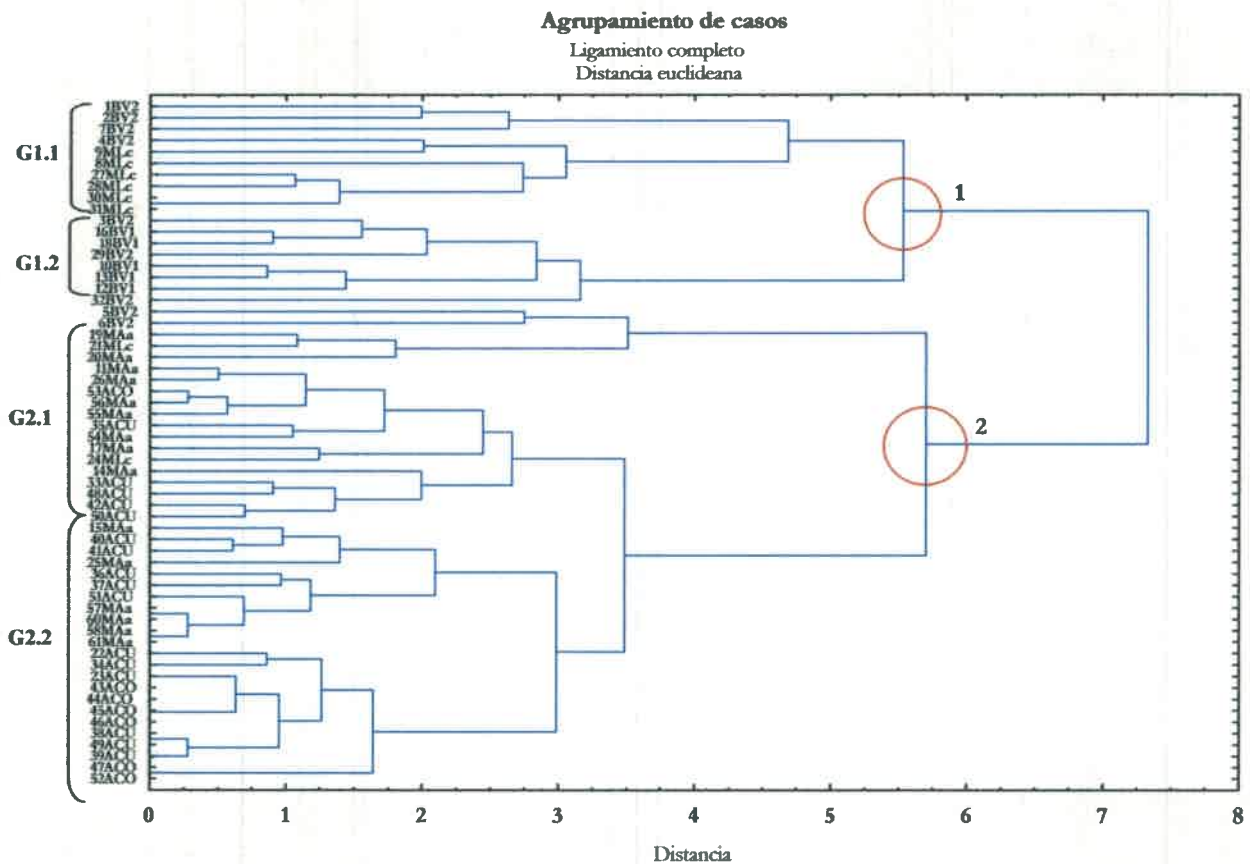


Figura 29: Análisis de conglomerados

Las variables 1 a 61 corresponden a los puntos observacionales.
 BV1: bosque variante 1; BV2: bosque variante 2; MLC: matorral de *Larrea cuneifolia*;
 MAa: matorral de *Atriplex argentina*; ACO: corral; ACU: bañado

En términos generales puede decirse que el grupo 1 está caracterizado por coberturas en el terreno mayores al 30 %, con diversidad de árboles y arbustos mayor o igual a 3 y que pertenecen a las clases 1, 2 o 3 del mapa de uso y cobertura del suelo, y a la clase 1 o 2 del mapa de detección de cambios estacionales. El subgrupo G.1.1 indica asociación entre los matorrales de “jarilla” y los bosques en galería de los cauces de la bajada pedemontana, el subgrupo G.1.2 reúne ambas variantes de bosques.

El grupo 2 está caracterizado por coberturas en el terreno menores al 30 %, con diversidad de árboles y arbustos, menor o igual a 3 y que pertenecen a las clases 4 o 5 del mapa de uso y cobertura del suelo, y a la clase 3 del mapa de detección de cambios estacionales. El subgrupo G.2.1 agrupa a los bosques y matorrales de *Larrea cuneifolia*, el subgrupo G.2.2 corresponde

principalmente a los corrales y parcelas de cultivo, como así también a los matorrales de *Atriplex argentina*.

Análisis de componentes principales

Se realizó el análisis por componentes principales con todas las variables de la matriz. Se generaron 7 componentes a partir de la matriz estandarizada (tabla 38).

Tabla 36: Autovalores de la matriz de correlación, varianza absoluta y acumulada para cada factor

Factor	Autovalor	% Total	% Acumulado
1	3,975035	56,78621	56,7862
2	1,217515	17,39307	74,1793
3	0,837133	11,95905	86,1383
4	0,334098	4,77283	90,9112
5	0,290265	4,14665	95,0578
6	0,251657	3,59510	98,6529
7	0,094297	1,34709	100,0000

En la tabla 38 se observa que los factores 1 a 4 contienen poco más del 90,91% de la varianza, también es interesante observar que aproximadamente el 8% restante se distribuye en los factores 5 y 6 de manera similar; dado que el 98 % de la variabilidad está representada en los primeros 6 factores, serán estos los de referencia para continuar el análisis de la estructura y relaciones de las variables. En términos de calidad de la información el conjunto de datos seleccionados para el análisis está respaldado por el trabajo previo que lo origina como dato para este análisis. Es decir, al aplicar componentes principales en esta etapa se trata de buscar cuál es la relación espacial entre estos datos, por ello es que la variabilidad de la muestra se distribuya con % significativos incluso en el factor 6, con casi el 4 % de la variabilidad, razón por la cual se analizan 6 de los 7 factores generados.

En la figura 30 se presentan las 6 gráficas de estas proyecciones de pares de factores.

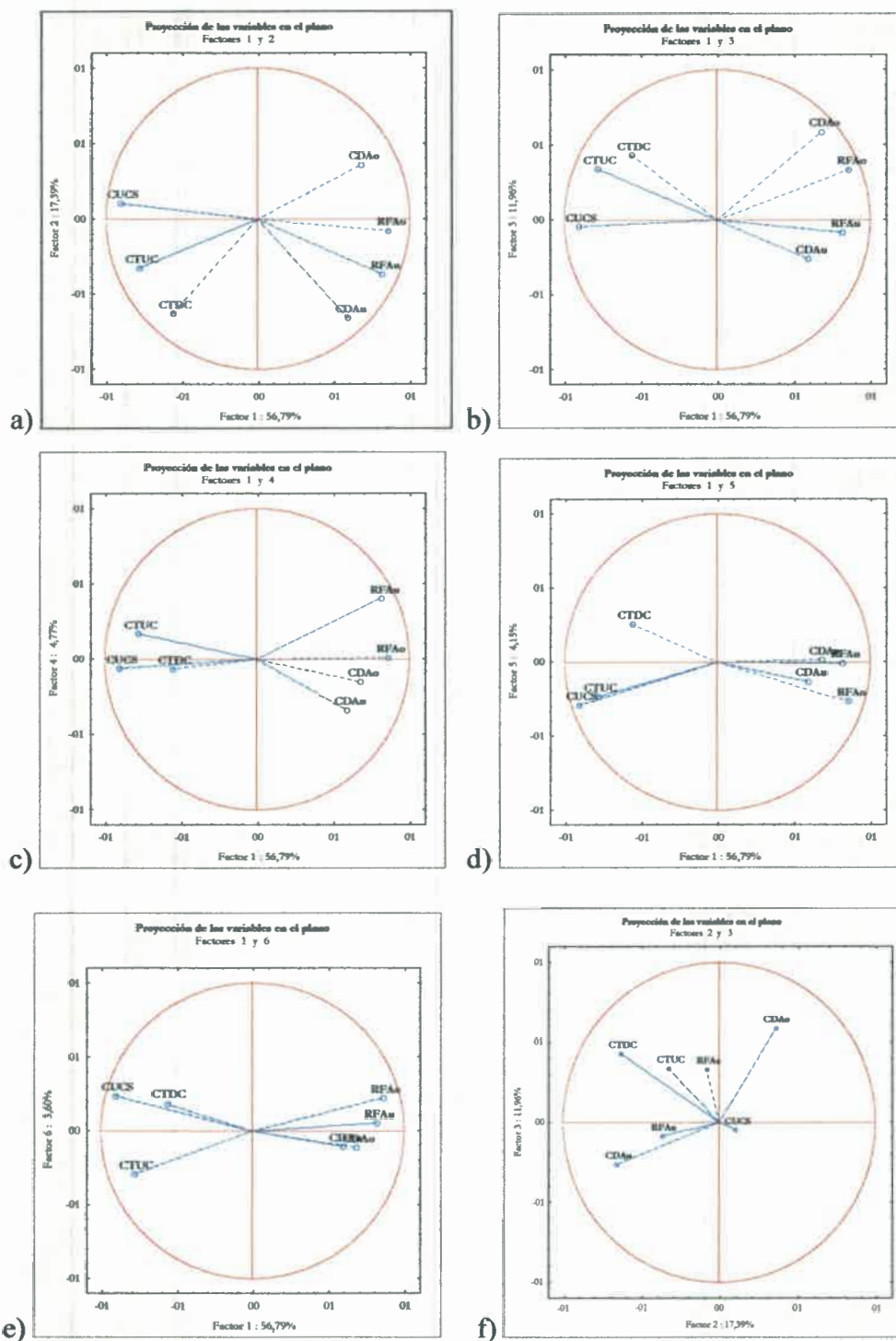


Figura 30: Círculos de correlación de las variables en el plano por pares de factores

RFAo: riqueza florística de árboles; RFAu: riqueza florística de arbustos
 CDAo: cobertura de árbol dominante; RFAu: cobertura de arbusto dominante;
 CTUC: clase temática de uso y cobertura; CTDC: clase temática de detección de cambios estacionales;
 CUCS: clase de uso o cobertura del suelo en el terreno

Los gráficos desde a) a e) de la figura 30 presentan coherencia en el sentido de que aportan relaciones factibles de darle significado a partir de la información disponible y los criterios utilizados, nótese que en todos casos el factor 1 es necesario para interpretar alguna relación coherente entre las variables, ya que este factor expresa el 56,78% del total de la variabilidad del conjunto de datos; en el gráfico f) la gran dispersión de las variables como su cercanía a la intersección de los ejes indican que su interpretación puede ser poco clara, por tanto fueron descartadas en el presente análisis. En primer lugar, se observa en los gráficos una estructura espacial común de los datos: a) todas las variables están lejos del centro, lo que sugiere que contribuyen significativamente en todos los casos; b) presentan ortogonalidad (significativamente no- correlacionadas) o simetría opuesta (significativamente negativamente correlacionadas) entre dos sub conjuntos de variables, el primero: clases de uso y cobertura y clases temáticas (CUCS/CTUC/CTDC); el segundo: riqueza florística y cobertura de dominantes arbórea y arbustiva (RFAo, RFAu, CDAo, CDAu); c) la proximidad de las variables riqueza florística y cobertura de dominantes arbórea y arbustiva en todos los planos de factores considerados indican correlación positiva entre ellas.

Considerando los factores 1 y 2 se observa: simetría opuesta entre las variables cobertura de dominante arbórea (CDAo) y clases temáticas (CTUC, CTDC), y entre clase de uso y cobertura del suelo y riqueza florística de árbol (RFAo), siendo las variables referidas al componente arbóreo asociadas mayormente al factor 2. Analizando los factores 1 y 3 se presentan similares relaciones de simetría, pero en este caso las variables referidas al componente arbustivo (CDAu, RFAu) son las que presentan la mayor asociación al factor 3.

En el plano de los factores 1 y 4 se observa mayor asociación de las variables del componente arbóreo al factor 4; en el plano de los factores 1 y 5, riqueza y cobertura están asociadas de manera similar; y en el plano 1 y 6 se destaca la cercanía entre las variables de cobertura arbórea y arbustiva y su proximidad al factor 6. En todos los casos las relaciones de simetría y ortogonalidad con las clases son similares. En general estos resultados sugieren una estructura coherente de los datos.

Para analizar la relación entre las variables consideradas y los factores se analiza la tabla de los cosenos cuadrados. En la Tabla 39 se presentan los valores de cada variable para cada uno de los 6 factores seleccionados (98,65% de la variabilidad de los datos).

Tabla 37: Cosenos cuadrados para las variables analizadas y los seis factores

	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6
RFAo	0,741527	0,747560	0,858676	0,858756	0,928380	0,977219
RFAu	0,672407	0,807632	0,814874	0,977130	0,977173	0,979699
CDAo	0,466310	0,594867	0,941761	0,963890	0,964093	0,976912
CDAu	0,354243	0,786531	0,854629	0,968181	0,985491	0,997389
CTUC	0,608921	0,716273	0,831654	0,859382	0,913341	0,998858
CTDC	0,313232	0,710595	0,896797	0,901169	0,966099	0,999863
CUCS	0,818395	0,829092	0,831292	0,835274	0,919470	0,975763

RFAo: riqueza florística de árboles; RFAu: riqueza florística de arbustos
 CDAo: cobertura de árbol dominante; RFAu: cobertura de arbusto dominante;
 CTUC clase temática de uso y cobertura; CTDC: clase temática de detección de cambios estacionales;
 CUCS: clase de uso o cobertura del suelo en el terreno

En la tabla de los cosenos cuadrados (tabla 39), se observan valores por encima de 0,50, excepto en 3 celdas (indicadas con rojo en la tabla), y en la mayoría de los casos los valores están próximos a 1, esto sugiere que las variables seleccionadas contribuyen de manera similar para comprender la estructura y asociación en el conjunto de datos y que la representación de las variables y su contribución a la estructura de los datos es aceptable, poniendo de manifiesto la importancia equitativa de todas las variables seleccionadas, dada la proximidad de los valores a 1.

Correlación

Seguidamente se analizó la correlación entre las variables a través del coeficiente de Pearson. En la tabla 40 se presenta la matriz de correlación.

Tabla 38: Matriz de correlación. En rojo: significativa a $p < ,05$. N=10

	RFAo	RFAu	CDAo	CDAu	CTUC	CTDC	CUCS
RFAo	1,00						
RFAu	0,70	1,00					
CDAo	0,70	0,33	1,00				
CDAu	0,48	0,62	0,09	1,00			
CTUC	-0,53	-0,50	-0,45	-0,33	1,00		
CTDC	-0,32	-0,28	-0,36	-0,06	0,67	1,00	
CUCS	-0,70	-0,77	-0,61	-0,55	0,64	0,40	1,00

RFAo: riqueza florística de árboles; RFAu: riqueza florística de arbustos
CDAo: cobertura de árbol dominante; RFAu: cobertura de arbusto dominante;
CTUC clase temática de uso y cobertura; CTDC: clase temática de detección de cambios estacionales;
CUCS: clase de uso o cobertura del suelo en el terreno

Se obtienen correlaciones positivas significativas entre riqueza florística de árboles y arbustos (RFAo/RFAu), entre riqueza florística de árboles y cobertura de árbol dominante (RFAo/CDAo), entre riqueza florística de árbol y cobertura de arbusto dominante (RFAo/CDAu) y entre riqueza florística de arbusto y cobertura de arbusto dominante (RFAu/CDAu). Estos resultados sugieren que en el conjunto de datos hay casos caracterizados por valores altos de cobertura y riqueza y lo contrario, lo que sugiere nuevamente a la estructura y fisonomía descritas en el capítulo 4 para las unidades fisonómicas identificadas.

La riqueza y cobertura de dominantes están negativamente correlacionadas con las clases de uso y las clases temáticas; estas correlaciones negativas (tabla 40) sugieren que a mayores valores de riqueza florística de árboles y arbustos, y de cobertura de árbol dominante, menores valores en las clases de uso y cobertura y de las clases temáticas. Las correlaciones positivas entre las variables de terreno son también coherentes en el sentido de que los mayores valores de cobertura estarían asociados a mayores valores de riqueza y lo contrario.

En general para las tres técnicas estadísticas aplicadas se observa una asociación coherente de las variables y coherencia entre los resultados obtenidos en cada una de ellas. En resumen puede decirse:

- ✓ El análisis de agrupamiento sugiere dos grandes grupos, uno caracterizado por coberturas en el terreno mayores al 30 %, con diversidad florística de árboles y arbustos mayor o igual a 3 y que pertenecen a las clases 1, 2 o 3 del mapa de uso y cobertura del suelo, y a la clase 1 o 2 del mapa de detección de cambios estacionales; y otro caracterizado por coberturas en el terreno menores al 30 %, con diversidad florística de árboles y arbustos menor a 3 y que pertenecen a las clases 4 o 5 del mapa de uso y cobertura del suelo, y a la clase 3 del mapa de detección de cambios estacionales; presentando cada uno variaciones internas expresadas precedentemente.
- ✓ El análisis de componentes principales manifiesta una estructura espacial de los datos coherente, presentando relaciones posibles de ser explicadas con la información disponible.



- ✓ Las correlaciones positivas y negativas identificadas en la matriz de correlaciones presenta, como en el caso de los análisis anteriores, relaciones de correspondencia entre las variables seleccionadas y con estos análisis.

6.3.3 Selección de indicadores y modelo sintético

El sistema de indicadores ambientales que caracterizan el estado de degradación de la tierra en el área estudiada fue seleccionado sobre la base de criterios establecidos por el PDD y las consideraciones disponibles en la bibliografía para indicadores (Noss, 1990; Gallopín 1996, 1997; Rutherford, 1997; Karlin et al., 2001; Fernández et al. 2002; Stafford Smith y Reynolds, 2002; Reynolds et al. 2003; Reynolds et al., 2005), de acuerdo a los resultados obtenidos, en términos generales y sintéticos presentan las siguientes características:

- ✓ Está compuesto por un número relativamente bajo de indicadores de estado (6) identificando en cada caso la escala de aplicación del indicador y su utilidad.
- ✓ Cada indicador ambiental representa una variable lenta.
- ✓ Los indicadores seleccionados son conceptos simples, factibles de ser expresados, utilizados y comprendidos a diversas escalas de interés.
- ✓ Presenta una organización jerárquica donde cada nivel constituye una etapa metodológica, en general de relativamente simple aplicación, propiciando la factibilidad en el manejo y la gestión de la información y en todos los casos facilitando la comprensión del problema que se estudia en diversos grupos de interés.

Reynolds (2005) menciona que “los atributos biofísicos y socioeconómicos que causan la degradación de la tierra son invariablemente lentos respecto a otros atributos de preocupación más inmediata para el bienestar humano”. Para el caso del problema de estudio, es posible que las variaciones en cobertura de los zampales y los parámetros de relieve medidos, por ejemplo, sean atributos de poca preocupación inmediata o percepción para los pobladores locales, pero es probable que los procesos que desencadena la pérdida de cobertura vegetal conlleven a acelerar procesos de pérdida de suelo que afecten a escala familiar la disponibilidad de forraje y la producción de la chacra; para este problema de estudio la cobertura y los parámetros de relieve constituyen variables lentas y la producción de la chacra, una variable rápida.

En este contexto es esperable para los indicadores seleccionados que, por un lado caractericen la degradación apropiadamente y que además contribuyan a proporcionar herramientas para el manejo. En la tabla 41 se presenta un sumario del conjunto de los indicadores seleccionados y a continuación un análisis al respecto.

Tabla 39: Indicadores seleccionados

Indicador	Técnica aplicada
Detección de cambios estacionales de la vegetación (DCEV)	TREC (Maldonado et al., 2007) Matriz de confusión/ Estadístico K
Detección de uso y cobertura de la tierra (DUCT)	Tasseled cap (Kauth y Thomas, 1976) Matriz de confusión/Estadístico K
Riqueza florística de árboles (RFAo)	Relevamiento florístico.
Riqueza florística de arbustos (RFAu)	Point quadrat
Cobertura de árbol dominante (CDAo)	Análisis de agrupamiento
Cobertura de arbusto dominante (RFAu)	Principales componentes Correlación múltiple

Indicador: Detección de uso y cobertura de la tierra (DUCT)

Para este indicador fue aplicada la transformación conocida como *Tasseled Cap* a los datos de marzo de 2001, reconociendo los patrones del uso y cobertura de la tierra en la zona de estudio.

En cuanto a las implicancias y los alcances es de fundamental importancia conocer el uso y la cobertura de la tierra en un problema como el estudiado, en ese sentido este indicador espectral es de gran utilidad. Es apropiada la coherencia de la información generada a partir de la aplicación de este realce espectral con los restantes seleccionados para el análisis multivariado.

En términos cualitativos se puede decir que la relación costo beneficio es adecuada. Es de hacer notar que un estudio de degradación realizado exclusivamente sobre la base de Percepción Remota requerirá en mayor medida el tratamiento de series de datos climáticos extensas, además de que en zonas marginales como la estudiada los datos de precipitaciones

son escasos y obtenidos a partir de diferentes fuentes, lo que constituye una limitación a tener en cuenta. Estas mismas consideraciones son válidas para el siguiente indicador seleccionado

Indicador: Detección de cambios estacionales de la vegetación (DCEV)

Para este caso, se aplicó la Técnica de Rotación Espectral Controlada (Maldonado, 1999; Maldonado et al., 2004; Maldonado y dos Santos, 2005; Maldonado et al., 2007) utilizando la banda 3 del TM de dos épocas, la más seca y la más húmeda en la zona; posteriormente se realizó una clasificación no supervisada. El objetivo fue identificar la respuesta a la dinámica estacional del área bajo estudio a través del procesamiento digital, asumiendo que aquellas áreas que no responden a la dinámica estacional constituyen las áreas más degradadas.

Los resultados obtenidos sugieren que existe en la zona de estudio alrededor del 30% del área de estudio que no responde a la dinámica estacional (Ver anexo 3: Cartografía temática), siendo gran parte de esta área la que presenta las mayores presiones antrópicas en la zona, ya sea por corresponder a sitios de corrales, áreas de sacrificio, campo de pastoreo (matorrales de *A. argentina*) o bañados abandonados.

Dado los antecedentes mencionados en la aplicación de esta técnica, los resultados obtenidos para los datos utilizados, el conocimiento del terreno y la coherencia de la información generada a partir de la aplicación de este realce espectral con las restantes seleccionadas para el análisis multivariado, puede decirse que la detección de cambios estacionales de la vegetación (DCEV) es un indicador apropiado.

El mapa generado para una escala regional y subregional a través de esta técnica puede ser utilizado como una herramienta para la contextualización del problema en tres escalas de interés: provincia, departamento y comunidad. Por ejemplo a través del mapa pueden ser identificados la cantidad de hectáreas por clase, como así también identificar sitios para la implementación de módulos de mitigación y control de procesos erosivos empleando tecnologías apropiadas como las enramadas en las cabeceras de surcos y técnicas de revegetación con especies nativas.

Indicadores: riqueza y cobertura de arbóreas y arbustivas

En la bibliografía se cita de manera recurrente la importancia de la vegetación como expresión del estado de un sistema, la composición y la estructura de la vegetación figuran entre los indicadores biofísicos más relevantes (LUDEPA, 1998; Martínez Carretero, 1989a y

1989b; Raymond y Hammer, 1992; Pyke et al., 2002; Eugenin, 2005; Herrick et al., 2005). En general es uno de los indicadores más utilizados al momento de comprender la dinámica de un sistema, pudiéndose abordar su estudio ya sea a través de tecnologías que permiten realizar extrapolaciones regionales o de métodos de detalle, tal el caso por ejemplo del Método de Point Cuadrat utilizado en los matorrales de *Atriplex argentina*. Inicialmente se planteó (capítulo 4) que los siguientes indicadores permiten caracterizar la degradación a este nivel estudiado: 1) superficie sin vegetación; 2) cobertura de forrajera; 3) biomasa; 4) frecuencia de canales; 5) relación superficie con surco / superficie total y 6) cobertura y riqueza florísticas.

En general el énfasis en la selección de indicadores está puesto en la vegetación aunque, en función de las correlaciones halladas, pueden ser considerados en igual sentido los parámetros de relieve medidos. Se obtuvieron correlaciones positivas entre cobertura + mantillo y altura mayor de los surcos; biomasa y frecuencia de surco; biomasa y relación superficie con surco/superficie total. Los parámetros de relieve pueden ser utilizados en los módulos experimentales de mitigación y monitoreo, ya que con herramientas sencillas como un metro de carpintero pueden tomarse mediciones con regularidad para observar la pérdida de suelo a través del tiempo (Foto 14), además, habiendo estado este indicador correlacionado significativamente con las variables biológicas su utilización es confiable.

La composición florística resultó un indicador cualitativo útil para reconocer el estado de disturbio del área de estudio, reconociendo especies indicadoras de ambientes perturbados tales como: *Xanthium sp.*, *Lycium tenuispinosum* y *Flaveria bidentis*. En este trabajo se seleccionaron riqueza y cobertura de especies arbóreas y arbustivas dominantes. La estructura de las comunidades vegetales en la zona está dada por estas dos variables principalmente, además son muy simples en lo conceptual para su utilización por personas no especializadas en el tema de la vegetación.



Foto 14: Medición de parámetros de relieve

Modelo conceptual y relación de los indicadores. Síntesis del trabajo

En la figura 31 se presenta esquemáticamente un modelo conceptual del sistema humano ambiental estudiado, teniendo en cuenta su organización jerárquica.

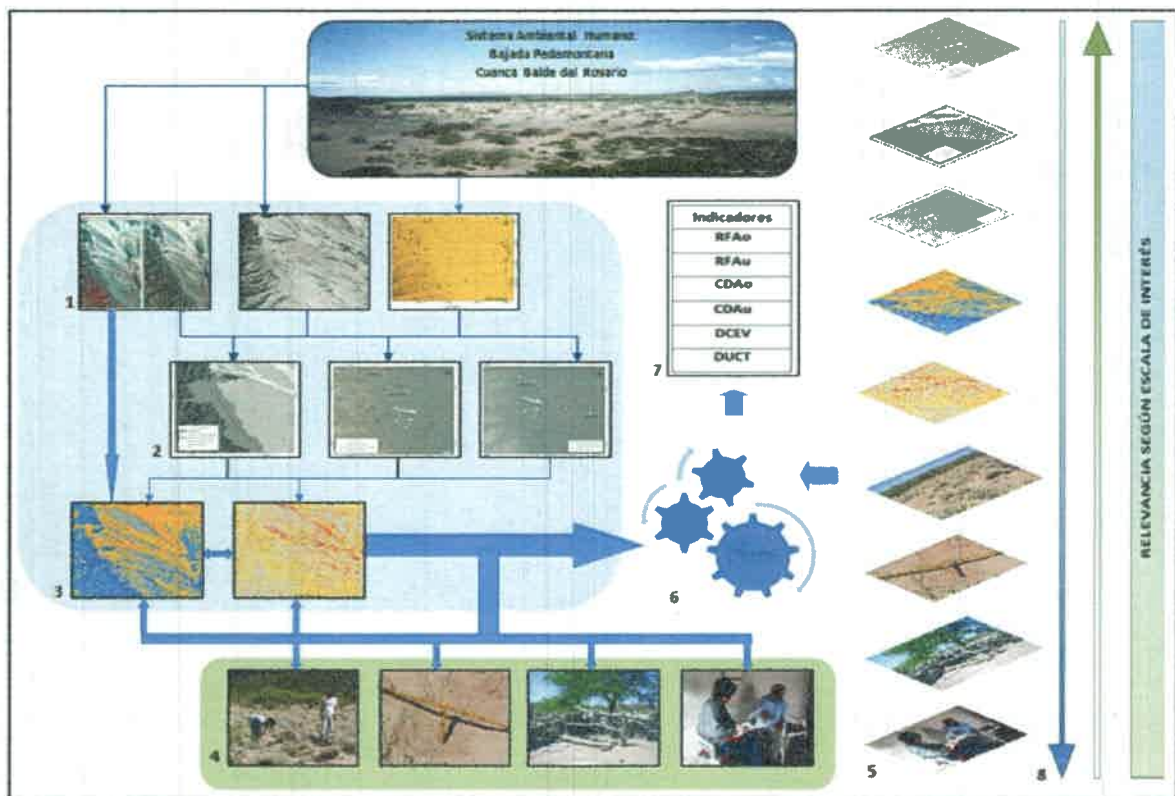






Figura 31: Modelo conceptual del estudio del sistema ambiental humano

En este modelo conceptual están representadas las escalas a las que se estudio el problema y sus relaciones, los recursos utilizados y consideraciones sobre la relevancia de la información generada acorde la escala de interés según se describe a continuación:



- 1: recursos utilizados imágenes Landsat TM, fotografía aérea y modelo digital de terreno.
- 2: a partir de (1) se elaboran el mapa geomorfológico, las curvas de nivel y la red hidrográfica para el área de estudio.
- 3: sobre la base del procesamiento digital de imágenes satelitales se generan los mapas de usos y cobertura del suelo y el mapa de detección de cambios estacionales.
- 4: relevamiento de parámetros de vegetación, de relieve y caracterización socio productiva de la zona a través de entrevistas con informantes clave.
- 5: elaboración del S.I.G.
- 6: análisis multivariado (engranaje) de la información disponible
- 7: selección de indicadores
- 8: relevancia según escala de interés (dimensión socioeconómica): flecha azul escala familiar/comunal, flecha verde: escala distrital/provincial.
-  Escala regional/subregional (dimensión biofísica)
-  Escala mancha/paisaje (dimensión biofísica).
-  Relaciones cualitativas establecidas
-  Relaciones cuantitativas establecidas.

Luego fue analizado estadísticamente cada indicador; la variabilidad de cada indicador se presenta en la Tabla 42 donde pueden observarse los valores promedios, mínimos y máximos, la desviación estándar y la varianza de cada uno de ellos.

Tabla 40: Estadística descriptiva de los datos analizados

Indicador	N	Media	Min	Max	Varianza	Des estándar
RFAo	61	1,32786	0,00	6,000000	2,357377	1,535375
RFAu	61	2,55737	0,00	11,00000	5,617486	2,370124
CDAo	61	1,16393	0,00	5,000000	2,039344	1,428056
CDAu	61	2,03278	0,00	5,000000	1,432240	1,196762
DCEV	61	3,78688	1,000000	5,000000	1,603825	1,266422
DUCT	61	2,29508	1,000000	3,000000	0,611475	0,781969

RFAo: riqueza florística de árboles; RFAu: riqueza florística de arbustos
CDAo: cobertura de árbol dominante; RFAu: cobertura de arbusto dominante;
CTUC clase temática de uso y cobertura; CTDC: clase temática de detección de cambios estacionales;
CUCS: clase de uso o cobertura del suelo en el terreno

Teniendo en cuenta los indicadores seleccionados, su variabilidad y las relaciones espaciales identificadas al conjunto de los datos, se propone un modelo aritmético sencillo que permite caracterizar el proceso para el área de estudio, constituyendo una herramienta de simple aplicación para caracterizar el estado de un sitio en particular y factible de ser usada en las diversas escalas de interés, su expresión aritmética está dada por la siguiente razón:

$$IEDET = \frac{RFAo + RFAu + CDAo + CDAu}{DUEV + DUCT}$$

Donde IEDET se denomina **Indice del estado de degradación de la tierra**, y esta determinado por la razón entre la sumatoria de los indicadores de terreno (RFAo+RFAu+CDAo+CDAu) y la sumatoria de las clases en los mapas temáticos (DUEV+DUCT). Esta asignación a la clase temática puede hacerse con los mapas en la mano y un GPS, o tomando el punto con el GPS y luego incorporando el conjunto de muestras en el S.I.G.

Con los valores de cada indicador, para cada punto observacional, se calculó el valor IEDET para cada uno los 61 puntos observacionales. En la Tabla 43 se presenta la estadística descriptiva para el conjunto de datos

Tabla 41: Estadística descriptiva de los valores del IEDET para los datos analizados

	N	Media	Min	Max	Varianza	Desviación estándar
IEDET	61	1,537984	0,00	6,330000	2,600707	1,612671

Dado que los datos representan una muestra de la población estudiada cuyos valores varían entre 0 y 6,33, es interesante el valor arrojado por la varianza como límite para la definición de las clases del estado de degradación, dado que representa aproximadamente 1/3 del valor máximo de la muestra. Es conocido, la varianza utiliza la fórmula siguiente:

$$Varianza = \frac{\sum(x - \bar{x})}{(n - 1)}$$

Donde x es el valor del IEDET y n el total de puntos observacionales (61 para este caso). A continuación se evalúa la representatividad estadística de la muestra a través de una prueba t

para una muestra simple utilizando como valor de referencia constante la media y la varianza. En la Tabla 44 se presentan los resultados arrojados.

Tabla 42: Prueba *t* para la muestra

Valor de referencia constante	Media	Desv. estándar	N	Error estándar	t-valor	df	p
Media	1,557367	1,619099	60	0,209025	0,092729	59	0,926433
Varianza	1,557367	1,619099	60	0,209025	-4,99147	59	0,000006

Puede verse de acuerdo a los valores probabilidad (p) que tomado la varianza como medida para el análisis del conjunto de valores, el p es estadísticamente significativo, lo que sugiere que la varianza es una medida representativa de los datos evaluados. En este sentido se selecciona la varianza como medida para establecer 3 categorías del estado de degradación y sus límites: leve, moderado y grave según se detalla en la Tabla 45.

Tabla 43: Estados de degradación para la zona estudiada

Descripción	Rangos definido
Estado grave	$0 \leq x \leq 2.60$
Estado moderado	$2.60 \leq x \leq 5.20$
Estado leve	$x \leq 5.20$

Los límites mínimos y máximos son los que se presentan en la tabla 45. En función de los datos disponibles y combinando los valores máximos de la riqueza y cobertura y considerando que el valor esperado en los mapas temáticos sería 1 respectivamente, el límite máximo del estado leve aplicando el IEDET sería igual a 13,5. De todas maneras y no habiendo relevado esta situación en el terreno puede asumirse éste como el límite esperable, y expresar tal como se presenta en la tabla 45 que el estado leve se refiere a aquellos valores iguales o mayores a dos veces la varianza ($\leq 5,20$). En cuanto al tamaño de la muestra, para la aplicación de este índice, se sugiere el tamaño del cuadrado de 10 m x 10 m utilizados para los censos originales.

Finalmente, las categorías de degradación de leve, moderado y grave son establecidas sobre la base de los análisis cualitativos realizados en el capítulo 1 y la bibliografía consultada sobre la vegetación de la Provincia Fitogeográfica del Monte (Morello, 1958; Cabrera, 1994; Dalmaso y Marquez, 1999; Demaio et al., 2002), donde puede apreciarse, a partir de la comparación con los censos de vegetación realizados, que las comunidades se encuentran empobrecidas en lo que hace a diversidad de formas biológicas y de especies, es decir no han sido registrados sitios que no presenten algún síntoma de degradación.

6.4 Conclusiones del capítulo

- Los resultados sugieren una asociación coherente de los atributos que definen los 61 casos analizados, y que las pequeñas variaciones en la fisonomía y la estructura de las unidades (registradas en los valores de cobertura y riqueza florística), presentan coherencia en el conjunto de los datos, aportando elementos para la selección de los indicadores ambientales para las distintas etapas y permitiendo integrar un marco de trabajo para el estudio de la degradación en el área de estudio.
- El sistema de indicadores seleccionados está constituido por un número relativamente bajo de indicadores de estado, cada uno representa una variable lenta y son conceptos simples factibles de ser expresados, utilizados y comprendidos en y entre diversas escalas de interés, presentando además una escala de aplicación identificada.
- El modelo conceptual permite ordenar un marco de trabajo para el estudio de la degradación de tierras en zonas áridas, presenta una organización jerárquica donde cada nivel constituye una etapa metodológica, y están identificadas las interrelaciones entre los niveles operativos.
- El modelo aritmético propuesto, el índice de estado de degradación de la tierra (IEDET), puede ser una herramienta apropiada para múltiples propósitos; en todos los casos indica un valor numérico para cada sitio evaluado, presentado relaciones coherentes entre los valores absolutos del índice y los procesos estudiados, facilitando su caracterización y aportando un criterio para la toma de decisiones; por ejemplo, en el marco de un taller participativo entre técnicos, investigadores, pobladores locales puede significar una herramienta muy sencilla de poner en práctica a los efectos alcanzar objetivos diversos en el marco de programas que aborden esta problemática,

tales como indagar la percepción sobre el tema en los grupos de interés, discutir un plan de manejo y monitoreo de los sitios, evaluar comparativamente sitios, o implementar módulos para la revegetación de áreas donde se evidencie pérdida de suelo, como son las cárcavas y los surcos.

7 CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES FINALES

Los resultados obtenidos permitieron identificar, caracterizar y jerarquizar los estados de degradación en un área representativa de las bajadas áridas de la vertiente oriental de las Sierras de Valle Fértil – La Huerta (San Juan, Argentina), sobre la base de indicadores a diferentes escalas de trabajo y en un marco de trabajo que ordena las observaciones y permite visualizar las interrelaciones entre distintos niveles. La metodología desarrollada, teniendo en cuenta distintos niveles de información y las diferentes escalas consideradas, resultó adecuada, siendo los indicadores de estado seleccionados para cada nivel estudiado, apropiados a los objetivos propuestos y en función de la utilidad esperada. Los aportes metodológicos y conceptuales realizados permiten abordar el estudio de los procesos de degradación de las tierras áridas y aportar información útil para diferentes grupos de interés. En particular y siguiendo las etapas metodológicas que se desarrollan en este estudio los resultados alcanzados permiten afirmar que:

- En el área de estudio los procesos morfodinámicos y morfogénicos son de naturaleza aluvial, por lo que la estrecha vinculación entre la geomorfología y la hidrología respaldan la utilización de un criterio geomorfológico para la identificación de unidades homogéneas para el estudio de degradación en zonas áridas (capítulo 2); sobre esta base se identificaron unidades homogéneas; los recursos utilizados fueron apropiados y permitieron además la actualización de cartografía de relevancia *per se* para distintos ámbitos como direcciones catastrales y de planificación, u otras instituciones o grupos de interés, tal el caso de la carta altimétrica y la de la red de drenaje de la zona.
- Las técnicas de percepción remota utilizadas, Tasseled Cap y TRECEN, son indicadores espectrales apropiados para comprender la situación en el área de estudio vinculada al problema de degradación (capítulo 3). Las precisiones obtenidas para las imágenes temáticas, los patrones de distribución espacial reconocidos y los antecedentes disponibles para estas técnicas en zonas áridas, indican que los resultados son aceptables. Por otro lado, estos índices son de relativamente fácil aplicación y cuentan además con buenos antecedentes en su utilización en zonas áridas. Además, la utilización de estas tecnologías y de los Sistemas de Información Geográfica facilitan

la tarea para generar información a escalas variables, siendo especialmente útil en el estudio de la dimensión biofísica de la degradación y en la escala operativa de técnicos y planificadores.

- El estudio de la vegetación llevado a cabo permite concluir que la estructura de la vegetación es un indicador biofísico más apropiado, funcionando como un indicador de estado y su variación como un indicador de la dinámica (capítulo 4); por otro lado el estudio de la vegetación aportó bases sólidas para la interpretación de las clases obtenidas sobre la base del procesamiento digital de imágenes satelitales, dada la correspondencia entre las clases obtenidas en ambas etapas.
- A partir de la utilización de técnicas etnográficas se obtuvo información coherente con la de otros sistemas productivos de zonas áridas, como así también con el resto de la información generada en el desarrollo de esta tesis (capítulo 5); por otro lado los lazos establecidos desde el año 2002 con las comunidades y en particular el desarrollo de actividades en el marco de la tesis como las entrevistas con Don Alfredo Villafañe y Don Carlos Vega permitieron establecer relaciones de confianza con las personas de la comunidad, quienes aportaron sus conocimientos para este análisis, permitiendo compartir el contexto cultural en que se realizan las actividades productivas, sentando lazos y bases sólidas para el diseño de estrategias futuras en la zona y aportando sus percepciones para la discusión de la información.
- El desarrollo del trabajo permitió identificar, caracterizar y jerarquizar los estados de degradación, generando información espacial georreferenciada e integrando los datos de campos con los datos espaciales en un entorno S.I.G.; el manejo de la información en este entorno permitió la generación de cartografía digital a escalas variables y facilitó el análisis de patrones y procesos y de sus interrelaciones cualitativas y cuantitativas.
- Los indicadores seleccionados se consideran apropiados dado que son simples en concepto, fácil y objetivamente medibles, representan variables lentas del sistema, y son accesibles para especialistas, planificadores y productores, pudiéndose aplicar en el marco de estrategias locales de diagnóstico, rehabilitación y monitoreo de los procesos de degradación en la zona de estudio.

- El modelo conceptual y el modelo aritmético generados pueden ser una herramienta apropiada para el estudio de la degradación de tierras en la zona de estudio, aportando el primero un marco de trabajo relativamente simple, organizado jerárquicamente y con lineamientos metodológicos y conceptuales establecidos para cada nivel operacional; el modelo aritmético es de utilidad para identificar el estado de degradación de un sitio en un marco de aplicaciones múltiples, además está elaborado sobre la base de un número relativamente bajo de indicadores con relaciones coherentes entre ellos según se analizara (capítulo 6).

A modo de reflexión final puede decirse que un ambiente árido degradado se encuentra en un estado crítico del sistema, su recuperación es difícil debido a la baja resiliencia que presenta, los costos de intervención son mayores a medida que mas se aleja de la situación original; en este contexto y dada la relevancia y naturaleza del problema, la construcción de soluciones posibles es compleja, multi escalar y multisectorial; entonces ¿cómo es posible abordar el problema de la degradación de tierras, abarcando la diversidad de aspectos que esta involucra? El trabajo desarrollado pretende aportar a este interrogante, se espera que los resultados obtenidos constituyan herramientas para la acción sobre los factores que favorecen los procesos de degradación de las tierras áridas, tanto para planes de manejo regionales como para las comunidades rurales afectadas en el área de estudio, de tal manera que puedan ser discutidos los conocimientos adquiridos para evitar o disminuir la extensión y magnitud de las áreas degradadas o su recuperación en función de la información disponible. Como marco de referencia, se consideran imprescindibles los enfoques plurales, el respeto por las diversidades, la construcción de conocimientos desde la interdisciplinariedad y la complejidad, donde se generen nuevos objetos y sujetos de conocimiento, esperando además que cualquier intervención o aplicación de la información desarrollada en la presente tesis responda a los deseos y necesidades de las comunidades involucradas.



8 BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, E. L.** 2002. Lucha contra la desertificación en las tierras secas de Argentina; el caso de Mendoza. En: El agua en Iberoamérica; De la escasez a la desertificación. CYTED XVII, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. Aprovechamiento y gestión de recursos hídricos. Cirelli y Abraham Ed, Publ. CYTED XVII y CETA, P: 27-44.
- Abraham, E; D. Tomasini, D y P. Maccagno.** 2003. Desertificación: indicadores y puntos de referencia en América Latina y el Caribe. Editores: Mendoza Zeta. P: 11-15
- Abraham, E; Torres, Torres, E.; Pastor, G.; Fusari, M.E.; Urbina, S.; Vasquez, E.; Soria, N.D.; Fernández, R; Guevara, J.C.; Stasi, C. y M. Cony.** 2005. Estudio de caso: Dpto. Lavalle, Mendoza Informe final. Programa: Land Degradation Assessment in Drylands Project (LADA). FAO. Pág. 89 a 139 (mas anexos)
- Adamo, S. B. and K.A. Crews-Meyer.** 2006. Aridity and desertification: Exploring environmental hazards in Jachal, Argentina. Applied Geography, 26 (1): 61-85.
- Almorox, J., Antonio, R., Saa, R., Cruz, M. y J. Gascó.** 1994. Métodos de Estimación de la Erosión Hídrica. Editorial Agrícola Española, S.A., Madrid. 152 p.
- Andino, N; D'Antoni, M.J.; Gaviorno, M; Maturano, P; Moreno, G.; Nally; C. Pacheco, D.; Riveros, C.; Romero García, M. J.; Tejo, P.; Vento, B.** 2001. Baldes del Rosario: diagnóstico y propuestas para el desarrollo de una comunidad rural. Informe. Cátedras de Manejo de Bosques y Pasturas Naturales y Manejo de Suelos y Recursos Hídricos. F.C.E.F.yN. /U.N.S.J. Inédito. 70 p.
- Aparicio, E.P.** 1984. Geología de San Juan. FCEF y N. Universidad Nacional de San Juan. 119 p.
- Aragón, L.; Bilbao, M; Lara, N.; Llanos, M., López, S.; Mañá, O.; Riveros, N.; Rodríguez Navas, A. y Ruiz, M.** 2000. Baldes del Rosario: Diagnóstico y Propuestas para el Desarrollo de una Comunidad Rural. Informe. Cátedras de Manejo de Bosques y Pasturas Naturales y Manejo de Suelos y Recursos Hídricos. FCFN/ UNSJ. Inédito. 70 p.

- Arce, R.** 1998. Investigación campesina participativa. *Bosques, Árboles y Comunidades Rurales*. 27:4-8.
- Arenas, P.** 1998. Reflexiones en torno al conocimiento tradicional de los vegetales y la explotación industrial. En *Aspectos Técnicos, Culturales y Legales de la Bioprospección en Argentina*. INTA-CENPAT (CONICET); UNP. UA, p: 137-141.
- Aronoff, S.** *Geographical Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa. 1989.
- EN Medeiros, J. S. Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território. Tese de Doutorado em Geografia Física. Universidade São Paulo. 1999, pp 54-57.
- Art, H.W.** *Diccionario de Ecología e Ciências ambientais*. São paulo: Melhoramentos. 1998. 584p.
- Asner, G. P. y K. B. Heidebrecht.** 2005. Desertification alters regional ecosystem-climate interactions. *Global Change Biology* 11: 182-194.
- Asner, G.P.; Wessman, C.A.; Bateson, C.A.; Privette, J.L.** 2000. Impact of Tissue, Canopy, and Landscape Factors on the Hyperspectral Reflectance Variability of Arid Ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 74 (1): 69–84.
- Austin A.T., Yahdjian L., Stark J.M., Belnap J., Porporato A., Norton U., Ravetta D.A. & S.M. Schaeffer.** 2004. Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. *Oecología*, 141: 221-235.
- Barri, F. y O. Karlin.** Empleo de criterios e indicadores para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de Manejo en el Chaco Árido. 2001. Inédito. 21 p.
- Bastin, G., Ludwig, J. A., Eager, R. W., Chewings, V. H. y A. C. Liedloff.** 2002. Indicators of landscape function: comparing patchiness metrics using remotely-sensed data from rangelands. *Ecological Indicators* 1: 243-260.
- Bock, M.; Rossner, G; Wissen, M.; Remm, K.; Langanke, T.; Lang, S.; Klug, H.; Blaschke, T. and B. Vrscaj.** 2005. Spatial indicators for nature conservation from European to local scale. *Ecological Indicators* 5: 322-338.

- Bourdieu, P.** 1986. The forms of capital. In: Handbook of theory and research for the sociology of education. Ed.: John Richardson. EEUU.
- Boyd, D.S.; Foody, G.M.; Curran, P.J.; Lucas, R.M.; Honzak, M.** 1996. An assessment of radiance in Landsat TM middle and thermal infrared wavebands for the detection of tropical forest regeneration. *International Journal of Remote Sensing*, 17 (2): 49-261.
- Bramardi, S.J.** 2007. Métodos de análisis multivariado. Apunte curso de posgrado, Universidad Nacional del Litoral, FBCB. 58 p.
- Bregaglio M. N.; Karlin, U. y R. Coirini.** 1999. Respuesta de especies arbustivas forrajeras a tratamientos de desmonte selectivo en el Chaco Árido, Argentina. *Multequina* 8: 101-109.
- Bruzzone, L. and S.B Serpico.** 1997. Detection of changes in remotely-sensed images by the selective use of multi-spectral information. *International Journal of Remote Sensing*, 18 (18): 3883-3888.
- Burrough, P. A.** Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford, Oxford University Press, 1986. Tomado de: Medeiros, J. S. Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território. Tese de Doutorado em Geografia Física. Universidade São Paulo. 1999, pp 54-57.
- Byrne, G.F.; Crapper, P.F. and K.K. Mayo,** 1980. Monitoring land cover change by principal components analysis of multitemporal Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 10: 175-185.
- Cabrera, A.L.** 1994. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia de Agricultura y Jardinería. Tomo II. Fascículo 1. Editorial Acme, 85 p.
- Câmara, G. e J.S. Medeiros.** Geoprocessamento para Projetos Ambientais. Tutorial. São José dos Campos. INPE. 1996.
- Coirini, R.O. y C.W., Robledo.** 1999. Elementos de Diagnóstico Rural Rápido. Sistemas agroforestales para pequeños productores de zonas húmedas de Paraná. *Entre Ríos*, p: 153-168.
- Colwel,** 1974. Vegetation canopy reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 3 (3):175-183.

- Congalton, R.G. and K. Green.** 1999. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practice. Mapping sciences series. New York: CRC Press Inc.
- Costra, A.P.** 1993. Processamento digital de imagens de sensoramento remoto. Campinas: UNICAMP, 170 p.
- Crist, C. P. and R.C. Cicone.** 1984. Application of the tasseled cap concept to simulate Thematic Mapper data. *Photogrammetric Engineering*, 50 (3): 343-352.
- Chambers, R. Y Guijt, I.** 1998. DRP: después de cinco años, ¿en qué estamos ahora? *Bosques, Árboles y Comunidades Rurales*. 26: 4-15.
- Chavez, P.S.** 1996. Image-based atmospheric corrections-revisited and revised. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62 (9): 1025-1036.
- Chavez, P.S. and D.J. MacKinnon.** 1994. Automatic detection of vegetation changes in Southwest United States using remotely sensed images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 60 (5): 571-583.
- Dalmaso, A. y J. Marquez, J.** 1999. Vegetación actual de ambientes del cuaternario de San Juan. En: Síntesis del Cuaternario de la Provincia de San Juan, Argentina. UNSJ. CD-ROM.
- Dangermond, K. A.** Classification of software components commonly used in geographic information systems, 1990. Tomado de Medeiros, J. S. Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território. Tese de Doutorado em Geografia Física. Universidade São Paulo. 1999, pp 54-57.
- De Fina, A.** 1962. Difusión Geográfica de cultivos índices en la Provincia de San Juan y sus causas. INTA. Instituto de Suelos y Agrotecnia N° 33.
- Demaio, P.; Karlin, U.O. y M. Medina.** 2002. Árboles nativos del centro de Argentina. Editorial Colin Sharp, Buenos Aires, 210 p.
- Deng, L.** 2000. Integrating drylands issues into country assistance strategies: a review. Washington: The World Bank Document.

- Díaz, R.** 1992. Estimación de la capacidad de carga. En: *Sistemas Agroforestales para Pequeños Productores de Zonas Áridas. Proyecto Desarrollo Agroforestal en comunidades rurales del Noroeste Argentino.* GTZ.
- Díaz, R.,** 1992. Manejo de la Producción Ganadera. En: *Sistemas Agroforestales para Pequeños Productores de Zonas Áridas. Proyecto Desarrollo Agroforestal en comunidades rurales del Noroeste Argentino.* GTZ.
- Dierssen, K.** 2006. Indicating botanical diversity. Structural and functional aspects based on case studies from Northern Germany. *Ecological Indicators* 6: 250-263.
- Dregne, H. E.** 1996. Desertification: challenges ahead. *Annals of Arid Zone* 35: 305-311.
- Dregne, H.E.** 2002. Land degradation in the drylands. *Arid Land Research and Management* 16: 99-132.
- Dregne, H.E. and C.J. Tucker.** 1988. Green biomass and rainfall in semi-árid sub-Saharan Africa. *Journal of Arid Environment*, 15(3): 245-252.
- Earsterling, W.E. and C. Polsky.** 2003. Crossing the Divide: linking global and local scales in human-environment systems. In: *Scale and geographic inquiry. Nature, Society and Method.* Sheppard and Mc Master Ed., Blackwell Publishing, pp: 66-86.
- Eastman, J.R. and M. Fulk.** 1993. Long sequence time series evaluation using standardized principal components. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 59 (6): 991-996.
- Escribano, M., A. Rodríguez de Ledesma, F.J. Mesías y F. Pulido.** 2002. Niveles de cargas ganaderas en la Dehesa Extremeña Arch. *Zootec.* 51: 315-326.
- Estrada Lugo, E.** 1996. Perspectiva interdisciplinaria en la investigación etnobotánica a partir del servicio: plantas medicinales. En "Plantas Medicinales de México. Introducción a su estudio." Universidad autónoma de Chapingo. México, p: 535-549.
- Eugenin Aguilar, J.C.** 2004. Propuesta de ordenación para la Subcuenca del Estero Llancahue, Comuna de Valdivia, X Región DE LOS LAGOS. UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Escuela de Ciencias Forestales, 194 p.

- FAO.** 1992. Manual de sistemas de labranza para América Latina. Boletín de Suelos de la FAO N° 66.
- FAO.** 2003. Land Degradation Assessment in Drylands Project (LADA): Data set indicators and method to asses land degradation in Drylands. World Soil Resources Reports.
- Fernández, R. J., Archer, E. R. M., Ash, A. J., Dowlatabadi, H., Hiernaux, P. H. Y., Reynolds, J. F., Vogel, C. H., Walker, B. H. y T. Wiegand.** 2002. Degradation and recovery in socio-ecological systems: a view from the household/farm level. En *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* (eds. Reynolds, J. F. y Stafford Smith, M.), , Dahlem University Press, Berlin, Alemania, Pág: 297-324.
- Gallopín, G.C.** 1997. Part one- Introducción: Indicators and Their Use: Information for Decision-making. In Sustainability Indicators: report of the project on Indicators for Sustainable Development *Executive Summary* B. Moldan & S. Billharz eds. Wiley, U.K., 440 p.
- Gausman, H. W.** 1985. Leaf reflectance of near-infrared. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 11(51): 1725-1734.
- García, R.** 1994. Interdisciplinarietà y sistemas complejos. En: "Ciencias Sociales y Formación Ambiental", Leff, E. (compilador). Ed. Gedisa, UNAM, Barcelona, España.
- Goldstein, B.** 1997. Uso de la tierra y biodiversidad. Coincidencias y Contradicciones entre las percepciones de lugareños y el saber de técnicos y científicos. En *¿Argentina Granero del mundo: hasta cuando?* Morello, J y O. Solbrig compiladores, Pág: 257-272.
- Hammersley, M. y P. Atkinson.** 1994. Etnografía. Métodos de investigación. Ed. Paidós Básica. España. 297 p.
- Herrick, J. E. Van Zee, J. W., Havstad, K. M. y W. G. Whitford.** 2005. *Monitoring Manual for Grassland, Shrubland, and Savanna Ecosystems. Volume II: Design, Supplementary Methods and Interpretation.* USDA-ARS, Las Cruces, Estados Unidos. Disponible en: http://usda-ars.nmsu.edu/Monit_Assess/monitoring.php.

- Hutchinson, C. F.** 1982. Techniques for combining Landsat and ancillary data for digital classification improvement. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 48 (2): 123-130.
- Jensen J.R. and Narumalani,** 1992. Improved Remote Sensing and GIS Reliability Diagrams, Image genealogy Diagrams, and Thematic Map Legends to Enhance Communication. *Photogrammetry and Remote Sensing*, 6 (B6):125-132.
- Jensen, J.R.** 1996. *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective.* 3rd Ed. New Jersey: Prentice Hall. 318 p.
- Kauth, R. J. and G.S. Thomas.** 1976. The Tasseled Cap Transformation: A graphic description of the spectral temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. In *Symposium on the machine processing of remotely sensed data, Pardue Proceeding.* Pardue University, p: 41-51.
- Kent, M. and P. Coker.** 1995. *Vegetation Description and analysis: la practical approach.* Chinnlester: John Wiley, 1995. 363 p.
- King, B.R.** 2002. Land cover mapping principles: a return to interpretation fundamentals, *Int. J. Remote sensing*, 23 (18): 3525-3545.
- Kumar, R.** 1972. *Radiation from plants-reflection and emission: a review.* Lafayette. Purdue Research Foundation. (Research Project n o 5543), 88 p.
- Lam, N.S.-N.** 2003. Fractals and scale. In: *Scale and geographic inquiry. Nature, Society and Method.* Sheppard and Mc Master Ed., Blackwell Publishing, pp: 23-49.
- Lambin, E. F., Chasek, P. S., Dowing, T. E., Kerven, C., Kleidon, A., Leemans, R., Lüdeke, M., Prince, S. D. y Y. Xue.** 2002. The interplay between international and local processes affecting desertification. En *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* (eds. Reynolds, J. F. y Stafford Smith, M.). Dahlem University Press, Berlin, Alemania. Pág: 387-402
- Lenz, R. and D. Peters.** 2006. From data to decisions. Steps to an application-oriented landscape research. *Ecological Indicators* 6: 250-263.

- Loik M.E., Breshears D.D., Lauenroth W.K. and J. Belnap.** 2004. A multi-scale perspective of water pulses in dryland ecosystems: climatology and ecohydrology of the western USA. *Oecología*, 141: 269-281.
- López, F.** 1994. Restauración Hidrológica Forestal de Cuencas y Control de Erosión. Tragsatec. Madrid. 902 p.
- LUDEPA.** 1998. Lucha contra la desertificación de la Patagonia. Indicadores del estado de la desertificación. En: Taller sobre indicadores. Workshop Regional de Lucha contra la desertificación. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la desertificación. Anales. Mendoza: FAO – PNUMA – SRNAH.
- Maldonado F., Salinas de Salmuni G., Maraz J. y C. Puigdemongas.** 1997. Aplicación de Imágenes ERS-1 al estudio de la degradación de tierras en el Gran Bajo Oriental de Valle Fértil San Juan Argentina. In: The Use and application of ERS in America Latina. Netherlands: ESA publication division, p.77-82.
- Maldonado F.D., J.R. Dos Santos y V.C. de Carvalho.** 2000. Caracterización de cambios e influencia climática sobre la cobertura vegetal en el semiárido brasileño mediante APC (análisis de componentes principales) *Revista de teledetección*, 13: 27-36.
- Maldonado, F ; Santos, J.R. and V.C. Carvalho.** 2002. Land Use Dynamics in the Semi-arid region of Brazil (Quixaba – PE): Characterization by Principal Components Analysis (PCA). *International Journal of Remote Sensing*, 23 (23): 5000-5013.
- Maldonado, F.D y J. R. dos Santos.** 2005. Metodología de detección de cambios utilizando técnicas de rotación radiométrica. Anales XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, p. 601-608.
- Maldonado, F.D.** 1999. Análise por componentes principais (ACP) na caracterização da dinâmica do uso da terra em área do semi-árido brasileiro: Quixaba – PE. Brasil. São José dos Campos, INPE. (Tese de mestrado em Sensoriamento Remoto -INPE). PI (INPE-7180-TD/680), 116 p.
- Maldonado, F.D. e V. C. de Carvalho** 2003. Indicador de degradação a escala sub-regional paradedecção de mudanças na cobertura das terras com sensoriamento remoto. Anales XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, p: 1353 - 1356.

- Maldonado, F.D.; Carvalho, V.C. and J.R. Santos.** 2001. Change detection in land use and land cover with remote sensing: degradation indicators at sub-regional level." 3th International Conference on Land Degradation. Anales. Symposium Volumen 1: Innovations (new methodologies). Río de Janeiro, Brasil.
- Maldonado, F.D.; Santos, J.R. and P.M.L. Graca.** 2007. Change detection technique based on the radiometric rotation controlled by no change axis, applied on a semi arid landscape. *Internacional Journal of Remote Sensing* 28(8): 1789-1804.
- Mander, Ü. and F. Müller.** 2005. Funcional and structural landscape: upscaling and downscaling problems. *Ecological Indicators* 5: 267-272.
- Marquez, J.; Pastrán, G. Y G. Ortiz.** 1996. Cap. V: Vegetación y desertificación. Informe del Programa: La desertificación en el Gran Bajo Oriental del departamento de Valle Fértil. Estado de situación y propuestas. Informe de Proyecto CICITCA/UNSJ.
- Martín, M., M. Espejo, J. Plaza y T. López.** 1987. Cálculo de la carga ganadera en la dehesa. En Campos, P. y Martín, M. coord. *Conservación y desarrollo de las dehesas portuguesa y española*. SGT. MAPA. Madrid.
- Martinelli, M; Salmuni, G. De y J. Mareca.** 1998. Identificación de indicadores de agroecosistemas utilizando datos de sensores remotos. VIII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota (SELPER), Sección aplicaciones ambientales. [CD-ROM], p: 32-38.
- Martinez Carretero, E.** 1989. El dinamismo de la vegetación y la desertificación. En Roig, F. (Ed.) *Detección y Control de la Desertificación. Conferencias, trabajos y resultados del Curso Latinoamericano. UNEP-CONICET-IADIZA*, p: 91-95.
- Martinez Carretero, E.** 1989. Vegetación, red de drenaje y erosión en el piedemonte de Mendoza. En Roig, F. (Ed.) *Detección y Control de la Desertificación. Conferencias, trabajos y resultados del Curso Latinoamericano. UNEP-CONICET-IADIZA*, p: 180-185.
- Martinez Carretero, E.** 1993. Regional Development and Desertification Control through Ecological Farming: Three Examples in Argentina. *Desertification Bulletin* 23:34-38.

- Mascarenhas, J.** 1995 Diagnóstico rural participativo y métodos de aprendizaje participativo: experiencias recientes de MYRADA y del sur de la India. *Bosques, Árboles y Comunidades Rurales*, 15 (16): 10-17.
- Matallo Jr., H.** 2005. Algunas cuestiones relativas a la economía de la desertificación. En: *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales* César Morales y Soledad Parada Ed. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Santiago de Chile, LC/G.2277-P, p: 113-138.
- Mathías, E.** 1998. Marco para perfeccionar el uso de los conocimientos locales. *Bosques, Árboles y Comunidades Rurales*. 27:42-45.
- Maundu, P.** 1998 Metodología para recolectar y compartir los conocimientos locales. *Bosques, Árboles y Comunidades Rurales*. 27:32-37.
- McMaster, R.B. and E. Sheppard.** 2003. Introduction: Scale and Geographic Inquiry. In: *Scale and geographic inquiry. Nature, Society and Method.* Sheppard and Mc Master Ed., Blackwell Publishing, pp: 1-22.
- Middleton, N. J. y D. S. G. Thomas** (eds). 1997. *World Atlas of Desertification*. U.N. Environment Programme, Edward Arnold, New York, USA.
- Montañés, G y O. Delgado.** 1998. Cuadernos de geografía Páginas Universidad Nacional de Colombia Bogotá Colombia, p: 120-133.
- Morales E., C.** 2005. Pobreza, desertificación y degradación de tierras. En: *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales* César Morales y Soledad Parada Ed. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Santiago de Chile, LC/G.2277-P, p: 25-57.
- Morello, J.** 1958. La Provincia Fitogeográfica de Monte. *Opera Lilloana*, 2,: 11-158.
- Mortensen, L.F.** 1997. The driving force-state-response framework used by csd. In *In Sustainability Indicators: report of the project on Indicators for Sustainable Development Executive Summary* B. Moldan & S. Billharz eds. Wiley, U.K., 440 p.

- Mortimorea M. and B. Turner.** 2005. Does the Sahelian smallholder's management of woodland, farm trees, rangeland support the hypothesis of human-induced desertification? *Journal of Arid Environments* 63: 567–595.
- Mueller Dumbois, D. y H. Ellenberg.** 1974. *Aims and methods of vegetation ecology.* 547 p.
- Müeller, F.** 2005. Indicating ecosystem and landscape organization. *Ecological Indicators* 5: 280-294.
- Müeller, F. and R. Lenz.** 2006. Ecological indicators: Theoretical fundamentals of consistent applications in environmental management. *Ecological Indicators* 6: 1-5.
- Muslera, E.** 1992. *La Dehesa: características productivas y alternativas ganaderas para su aprovechamiento.* FIG-Zafra. Badajoz.
- Naveh, Z. y A.S. Lieberman.** 2001. *Ecología de paisajes.* Editorial de la Facultad de Agronomía, UBA. Argentina. 571 p.
- Noss, R.** 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservations Biology*, 4 (4)
- Nussbaumer, B.** 2005. Impacto de la migración en espacios rurales. Estudio de caso: Balde del Rosario (San Juan). Informe de Tesis Doctoral. Faculty of Agriculture and Horticultura (Humboldt-Universität zu Berlin).
- Ortiz Roca, H.** 2007. Los laicos y su compromiso en la realidad económica de América Latina: Realidad económica social de América Latina y El Caribe. Variables e indicadores relevantes. 16 p.
- Passera, C., A. Dalmaso y O. Borsetto.** 1983. Método de Point Quadrat modificado. Informe del Taller sobre arbustos forrajeros de zonas árida y semiárida. IADIZA-FAO, p: 135-151.
- Passera, C.B. y O. Borsetto.** 1989. Aspectos ecológicos de *Atriplex lampa*. *Investigación Agraria. Producción y Protección vegetales* V 4(2):179-198.

- Petit, C.C. and E.F. Lambin.** 2002. Impact of data integrations technique on historical land use/land-cover change, comparasing historical maps with remote sensing data in Belgian Ardennes. *Landscape Ecology* 17 (2): 117-132.
- Petrosillo, I.; Zurlini, G.; Grato E. and N. Zaccarelli.** 2006. Indicating fragility of socio-ecological tourism-based systems. *Ecological Indicators* 6: 104-113.
- Pinker, R. T. and A. Karnieli.** 1995. Characteristic spectral reflectance of a semi-arid environment. *International Journal of Remote Sensing*, 16 (7): 1341-1362.
- Poblete, A.G. y J.L. Minetti.** 1999. Configuración espacial del clima de San Juan. Síntesis del Cuaternario. FCEF y N. UNSJ.
- Prince, S.D.** 2002. Spatial and temporal scales for detection of desertification. In: Reynolds, J.F., Stafford-Smith, D.M. (Eds.), *Global desertification. Do Humans Cause Deserts?* Dahlem University Press, Berlin, p: 23–40.
- Purtauf, T.; Thies, C.; Ekschimitt, K; Wolters, V. and J. Dauber.** 2005. Scaling properties of multivariate landscape structure. *Ecological Indicators* 5: 295-304.
- Pyke, D. A., Herrick, J. E., Shaver, P. L. and M. Pellant.** 2002. Rangeland health attributes and indicators for qualitative assessment. *Journal of Range Management* 55:584-597.
- Quevedo Robledo, L.C.** 2006. Variabilidad interanual de las precipitaciones y heterogeneidad espacial de la vegetación: factores estructuradores de los bancos de semillas en un desierto de arena. Inédito. 49 p. Informe final de Licenciatura. FCFN-UNSJ.
- Raymond, D. and R. Hammer.** 1992. *Soil Geomorphology*, Jhon Wiley & Sons, New York. 236 p.
- Reynolds, J. F. y D. M Stafford Smith.** 2002. Do humans cause deserts? En *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* (eds. Reynolds, J. F. y Stafford Smith, M.), Dahlem University Press, Berlin, Alemania. Pág: 1-22.

- Reynolds, J. F., Stafford Smith, D. M. y E. F. Lambin.** 2003. ARIDnet: Seeking novel approaches to desertification and land degradation. *IGBP Global Change Newsletter* 54: 5-9. Disponible en: <http://www.igbp.kva.se/cgi-bin/php/frameset.php>.
- Reynolds, J.F.; Maestre, F.T.; Huber-Sannwald, E.; Herrick, J. y P.R. Kemp.** 2005. Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas* 3: 1-19.
- Richards, J.A. and X. Jia.** 1998. Remote sensing digital image analysis. 3ª ed. Germany: Springer-Verlag. 363p.
- Robbins, P. F., Abel, N., Jiang, H., Mortimore, M., Mulligan, M., Orkin, G. S., Stafford Smith, D. M. y B. L Turner.** II. 2002. En *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* (eds. Reynolds, J. F. y Stafford Smith, M.), Dahlem University Press, Berlin, Alemania. Pág: 325-355
- Rutherford, I.** 1997. Use of models to link indicators of sustainable development. In *Sustainability Indicators: report of the project on Indicators for Sustainable Development Executive Summary B.* Moldan & S. Billharz eds. Wiley, U.K., 440 p.
- Sá, I. B.** 1991. Aplicações da abordagem multiestágio em sensoriamento remoto para mapeamento da vegetação de caatinga: estudo de caso, Petrolina, PE. São José dos Campos. (INPE-5280-TDI/450). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 78 p.
- Sabino, C.A.** 1986. El proceso de investigación. Ed. Humanitas. Caracas. 185 p.
- Salinas de Salmuni G.; Maldonado, F.D.; Lund, M. I.; Puigdengolas, M.C.** 1996. Delimitation of the hydric erosion using Digital image processing of Landsat TM, in the aluvional plain of Valle Fértil Dept. - San Juan. Argentine. Memorias [CD-ROM]. Anales Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto VIII, Salvador, Brasil.
- Sanchez, V.** 1988. Provisión de agua para consumo humano a la localidad de Baldes del Rosario. San Juan. República Argentina. Centro Regional de Agua Subterránea. Serie técnica. Informe técnico.
- Sayago, J.M.** 1982. Las unidades geomórficas como base para la evaluación integrada del paisaje natural. *Acta Geológica Lilloana* XVI, 1 (1982)

- Scalia, J. A.** 2007. Propagación sexual y asexual de *Atriplex* argentina en relación a los agentes erosivos en la planicie aluvial de Baldes del Rosario-Valle Fértil. Informe de Tesis. Inédito. 57 pág.
- Schwinning S. & O.E. Sala.** 2004 Hierarchy of responses to resource pulses in arid and semi-arid ecosystems. *Oecología* 141: 211-220.
- Secretaría para las Políticas del Agua y Medio Ambiente.** 1992. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. España.
- Selltiz, C.; M. Jahoda; M. Deutsch y S.W. Cook.** 1976. Métodos de Investigación en las Relaciones Sociales. 8va ed. Editorial Rialp, S.A. Madrid, 670 p.
- Singh, A.** 1989. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10 (6): 989-1003,
- Sheng, T.C.** 1992. Manual de Campo para la Ordenación de Cuencas Hidrográficas. Estudio y Planificación de Cuencas Hidrográficas. FAO.
- Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Elevation Dataset.** 2000. <http://www.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>
- Slater, P.N.** 1980. Remote sensing: optics and optical systems New York: Addison-Wesley. 575 p.
- Stafford Smith, D. M. y J. F. Reynolds.** 2002. The Dahlem Desertification Paradigm: A new approach to an old problem. En *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* (eds. Reynolds, J. F. y Stafford Smith, M.), pp. 403-424, Dahlem University Press, Berlin, Alemania.
- Suárez-Seonae, S. and J. Baudry.** 2002. Scale dependence of spatial patterns and cartography on the detection of landscape change: relationships with species' perception. *Ecography* 25: 499-511.
- Suvires, G, Pereyra, B., Zambrano, J. Y M. Oviedo** 1999. Rasgos geomorfológicos regionales de la provincia de San Juan. Síntesis del Cuaternario. FCEF y N. UNSJ.
- Torres, L.M.; Abraham, E.M.; Montaña, M y E. Torres.** 2005. Las dimensiones socioeconómicas de la desertificación: avances en la utilización de indicadores. Un

- ejercicio en el caso de Mendoza, Argentina. En: Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales César Morales y Soledad Parada Editores Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) P: 215 a 235.
- Tueller, P. T.** 1987. Remote sensing science application in arid environment. *Remote Sensing and Environment*, 23 (2) 143-154.
- Tunstall, D.** 1992. Developing Environmental Indicators: Definitions, framework and issues. (Draft paper). Background Materials for the World Resources Institute. Workshop on Global Environmental Indicators, Washington, D.C.
- Tussel, F.** 2005. Análisis multivariante. Editorial de autor, 167 p.
- UNCCD.** 1994. (United Nations Convention to Combat Desertification) Intergovernmental Negotiating Committee For a Convention to Combat Desertification, Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. U.N. Doc. A/AC.241/27, 33 I.L.M. 1328. United Nations, New York, USA.
- UNCCD.** 2000. Fact Sheet 2: *The Causes of Desertification*. United Nations Secretariat of the Convention to Combat Desertification. Disponible en <http://www.unccd.int/publicinfo>
- United Nations.** 1994. Elaboration of an international convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. Final text of the Convention. www.unccd.int/convention/text/pdf/conv-eng.pdf.
- Vaca, A.; Salvioli, G.; Ronchietto, H. Y H. Frontera.** 1976. Investigación del agua subterránea en el área Usno, San Agustín, Valle Fértil. San Juan, Centro Regional de Agua Subterránea. Serie técnica. Publicación P-157., pags.
- Varela, I.S., Bracco, A.I. y V.H. Sanchez.** 1998. Caracterización geológica geomorfológica del Gran Bajo Oriental, Departamento Valle Fértil, San Juan- Argentina. Actas X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica, Vol. I.
- Venturelli, R.C. and A. Galli.** 2006. Integrated indicators in environmental planning: Methodological considerations and applications. *Ecological Indicators* 6: 228-237.

- Vich, A.I.J.** 1999. Aguas continentales. Formas y procesos. CRICYT.
- Walsh, S.J.; Crews-Meyer, K.A.; Crawford, W. and W.F. Welsh.** 2003. Population and environment interactions: spatial considerations in landscape characterization and modeling. In: Scale and geographic inquiry. Nature, Society and Method. Sheppard and Mc Master Ed., Blackwell Publishing, pp: 41-65.
- Whittaker, R.; Willis, K.J. and R. Field.** 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal Biogeography* 2: 453–470.
- Wiggering, H. ; Dalchow, C.; Glemnitz, M.; Helming, K.; Müller, K.; Schultz, A.; Stachow, U. and P. Zander.** 2006. Indicators for multifunctional land use. Linking socio-economic requirements with landscape potentials. **Ecological Indicators** 6: 238-249.
- Wilm, H.G.** 1957. Influencia de la vegetación forestal sobre el suelo y las aguas. (Depósito de documentos de la FAO) *Unasyuva* 11(4), 5 p.
- Wu, J.** 2004. Effects of changing scale on landscape patterns analysis: scaling relations. *Landscape ecology*, 19: 125-138.
- Zambrano, J.** 1997. Estudio preliminar de las posibilidades de existencia de agua subterránea en la zona de influencia de Ischigualasto. Dpto. Valle Fértil. San Juan. Centro Regional de Agua Subterránea. Serie técnica. Publicación P-214; P-176.
- Zebker, C. Werner, P. Rosen and S. Hensley.** 1994. Accuracy of Topographic Maps Derived from ERS-1 Interferometric Radar. *IEEE Trans. GRS*, 32 (4).c
- Zonneveld, I.S.** 1989. Landscape survey and evaluation. *Journal of Arid Environment*, 17(2): 255-264.
- Zurlini, G.; Zaccarelli N. and I. Petrosillo.** 2006. Indicating retrospective resilience of multi-scale patterns of real habitats in a landscape. *Ecological Indicators* 6: 184-204.
- Zurlini, G.; Zaccarelli N. and I. Petrosillo.** 2006. Indicating retrospective resilience of multi-scale patterns of real habitats in a **landscape**. *Ecological Indicators* 6: 184-204.

ANEXOS

<i>Capparis atamisquea</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	
<i>Celtis tala</i>	0	3	5	3	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	
<i>Cercidium praecox</i>	0	3		3	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cereus aethiops</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cereus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cestrum parqui</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Clematis montevidensis</i>	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
<i>Condalia microphylla</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
<i>Commelina erecta</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cottea pappophoroides</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cottea sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Cucurbitella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Cyclolepis genistoides</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Datura sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Digitaria californica</i>	1	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Dyckya sp.</i>	4	3	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Ephedra breana</i>	1	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ephedra sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eragrostis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euphorbia ovalifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euphorbia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	
<i>Flaveria bidentis</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	1	1	1	0	
<i>Gaya parviflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	
<i>Geoffroea decorticans</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	5	0	2	6	

<i>Glandularia sp.</i>	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphrena boliviana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphrena mendocina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gomphrena sp.</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Grabowskya sp.</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Graminea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
<i>Gymnocalycium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gymnocalycium castellanosi</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Helenium donianum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Helenium sp.</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Heliotropium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
<i>Hoffmannseggia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
<i>Jodina rhombifolia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Junellia aspera</i>	0	0		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Justicia sp.</i>	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Lantana sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Larrea cuneifolia</i>	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	4	0	0	4	0	4	4	2	5	5	0	
<i>Larrea divaricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	
<i>Ligaria cuneifolia</i>	0	0	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Lycium chilensis</i>	0	0	4	0	0	0	0	2	0	0	3	3	0	0	2	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0		
<i>Lycium ciliatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0		
<i>Lycium sp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Lycium sp. (hoja ancha)</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Lycium tenuispinosum</i>	3	3	0	3	0	0	4	0	3	4	0	3	3	0	2	4	2	4	2	0	0	0	0	2	2	3	2	4	0	2	2

2) M (31 x 5)

censo	% de cobertura dominante	RF ARBOL	RF ARBUSTO	RF HIERBA	RF TOTAL
1	50	2	10	12	29
2	40	4	11	6	24
3	60	4	4	8	18
4	50	5	5	3	17
5	5	0	2	9	11
6	65	2	6	0	9
7	70	3	8	4	19
8	70	2	2	1	11
9	30	4	5	1	10
10	75	2	3	4	9
11	25	0	1	5	6
12	80	4	4	0	8
13	70	3	2	0	5
14	30	1	1	0	2
15	20	2	2	2	6
16	40	3	4	0	7
17	40	1	3	2	6
18	50	3	3	6	13
19	20	1	3	3	7
20	20	0	1	0	1
21	30	2	3	0	5
22	80	0	0	6	7
23	80	0	0	7	8
24	30	1	7	0	8

25	30	2	2	5	9
26	40	3	6	4	13
27	40	3	4	0	7
28	70	2	6	4	12
29	60	2	5	10	18
30	60	3	5	5	15
31	80	6	5	7	19

3) M (10 x 10)

Muestra	Suelo Des	Mantillo	Sup s/veg	Cob Forr	Cob+Mantillo	Biomasa	frecuencia de canales	sup con surco/sup total	base promedio de surcos	altura mayor promedio
1	56,00	32	88,00	12,00	44,00	17,60	0,16	0,06	0,39	0,06
2	67,00	23,00	90,00	11,00	34,00	13,80	0,24	0,09	0,36	0,09
3	58,00	30,00	88,00	12,00	42,00	17,60	0,16	0,07	0,41	0,07
4	76,00	19,00	95,00	5,00	24,00	5,68	0,26	0,14	0,50	0,26
5	41,00	19,00	60,00	31,00	50,00	49,96	0,01	0,03	0,34	0,08
6	64,00	11,00	75,00	25,00	36,00	52,00	0,04	0,01	0,30	0,05
7	52,00	20,00	72,00	28,00	48,00	50,98	0,10	0,03	0,33	0,06
8	57,00	12,00	69,00	31,00	43,00	40,00	0,12	0,05	0,38	0,06
9	65,00	9,00	74,00	26,00	44,00	35,00	0,26	0,12	0,46	0,10
10	64,00	10,00	74,00	26,00	36,00	43,00	0,12	0,06	0,47	0,10

Anexo 2: Encuesta

Encuesta N° _____ Fecha: _____

"CARACTERIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ZONAS ÁRIDAS, EN VALLE FÉRTIL, NORESTE DE SAN JUAN, ARGENTINA. IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES"

I. DATOS GENERALES

Nombre del Establecimiento
Paraje _____

Nombre del encuestado _____

II. TENENCIA DE LA TIERRA

Es Propietario? SI NO En que porcentaje?.....%

Que título posee Escritura SI NO Boleto Compraventa SI NO Otro

Es Arrendatario? SI NO En que porcentaje?.....%

Ocupante? SI NO En que porcentaje?.....%

Es Puestero? SI NO Que superficie del campo puede trabajar para UD.?

III. SOCIOECONOMÍA

1. Necesitamos conocer algunos datos sobre Ud. y su familia, los que están en la casa y los que se mudaron fuera de la comunidad.

Nombre	Edad	Parentesco *	Trabaja afuera	Donde trabaja	Vive aquí	Escolaridad	lee / escribe	Observ**.

*Si es jefe de familia, esposa, hijos, etc.

**A que edad se fueron los hijos

Utilice esta página para dibujar su campo poniendo la casa, los corrales y los potreros



2. De las personas que viven en el hogar cuantas aportan trabajo

Nombre o parentesco	Que trabajo realiza***	Cuanto gana por esto (beneficio que obtiene)	Tiempo empleado

***Se entiende como trabajo: recolección, caza, pesca, trabajo de la tierra, cestería, etc.

3. Actividad

Principal: _____

¿Que superficie trabaja?. (si estas actividades son importantes escribir al dorso.)

Agricultura _____ Cuánto _____

Ganadería _____ Cuanto _____

Huerta _____ Cuanto _____

Chacra _____ Cuanto _____

Otros _____ Cuanto _____

Posee cercos o alambrados _____

Que superficie _____

Superficie total del campo _____

4. - Cuales son las plantas de más importancia de la zona y para que las utiliza?

4.1 Forrajeras:

4.2 Medicinales Y Aromáticas:

4.3 Forestales:

Para Cortina rompevientos:

Para Combustible:

Frutales:

Otras:

5. Puede darnos algunos datos sobre la ganadería de su campo?

	Ganado Vacuno	Ganado Caprino	Yeguarizos
Cantidad de animales (total)			

Cuántas crías tiene por año			
Cuántos vende por año			
Precio por animal			
Donde los tiene			
Principales problemas			
Que se puede mejorar			

6. Sobre el manejo que hace de su ganado:

6.1 VACUNOS

Están en corrales _____ Cuántas horas _____

Están en campo abierto _____ Cuántas horas _____ Que distancias recorren _____

Están en las sierras _____ Cuántos meses _____ Que distancias recorren _____

6.2 CAPRINOS

Están en corrales _____ Cuántas horas _____

Están en campo abierto _____ Cuántas horas _____ Que distancias recorren _____

Están en las sierras _____ Cuántos meses _____ Que distancias recorren _____

6.3 YEGUARIZOS

Están en corrales _____ Cuántas horas _____

Están en campo abierto _____ Cuántas horas _____ Que distancias recorren _____

Están en las sierras _____ Cuántos meses _____ Que distancias recorren _____

7. A mantenido el número de animales en los últimos 15 años? 1 Si 2 No

Por qué _____

8: Considera que el campo cubre las necesidades de forraje para su ganado 1 Si 2 No

Por qué _____

9. Con respecto al agua: Como la obtiene, calidad y abundancia a través del año.

9a. Para uso humano:

9b. Para uso vegetal:

9c. Para uso animal:

10. Puede darnos algunos datos sobre su chacra? Necesitamos saber los datos para un año

Producto	Superficie	Cuanto cosecha	Cuanto consume	Cuanto vende o cambia	Precio de venta o de cambio	A quién vende o cambia
Zapallos						
Maíz						
Sandías						
Melones						
Ajo						
Cebolla						
Papa						
Fardos						

11. A mantenido el rendimiento de la chacra y la diversidad de los cultivos en los últimos 15 años? 1 Si 2 No
Por qué _____

12. Tiene alguna organización con los productores de la zona?

12.a. Recibe apoyo institucional sobre organización?

12.b. Recibe subsidios para producción? (Dinero, Semillas, plantas, etc.)

13. Tiene otros tipos de ingresos? Jubilaciones, pensiones, subsidios, etc. 1 Si 2 No
Cual? _____

14. Recibió y/o recibe capacitación sobre actividades productivas?

14.a. Sobre que actividades?

14.b. Que institución realiza la capacitación?

14.c. En que consiste la capacitación?

14.d. Cuanto dura la capacitación?

14.e. Ud. aplica lo aprendido? Si No Por qué?

14.f. Que necesita para aplicar lo aprendido?

14.g. Que tipo de capacitación requiere? Por qué?

14.h. Recibe material informativo?

14.i. Escucha por radio programas relacionados a las actividades rurales?

15. Del listado siguiente indique cuales mejoras se podrían realizar en su campo?

	Si o No	Más Importante	Menos Importante	Por que?
Mejorar los forrajes				
Mejorar la chacra				
Plantar árboles				
Criar animales (que animales)				
Salir a trabajar afuera				
Mejorar huerta				
Suministro de agua				
Mejorar suelos				

16. Cuántos miembros de su grupo familiar emigraron de la zona?:.....

16.a. Destino principal:.....

16.b. Edad de emigración:

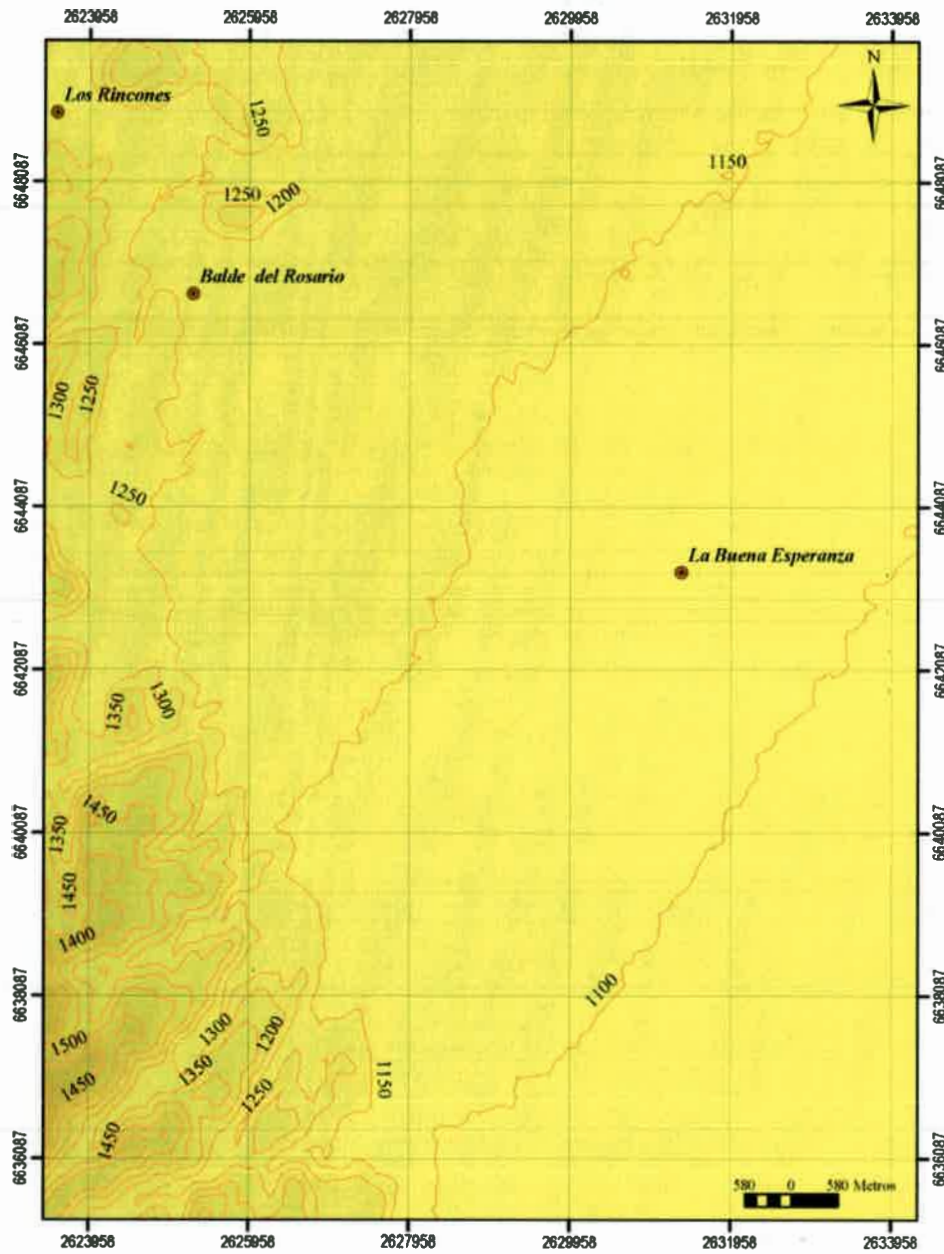
16.c. Motivo de la emigración: Económicos/educacionales/ políticos/familiares/otros:.....

16.d. Actividad principal que desarrollan los emigrados:.....

17. ¿Considera que los emigrados están mejor que los que se quedaron? ¿Porqué? _____

—

Anexo 3: Cartografía temática



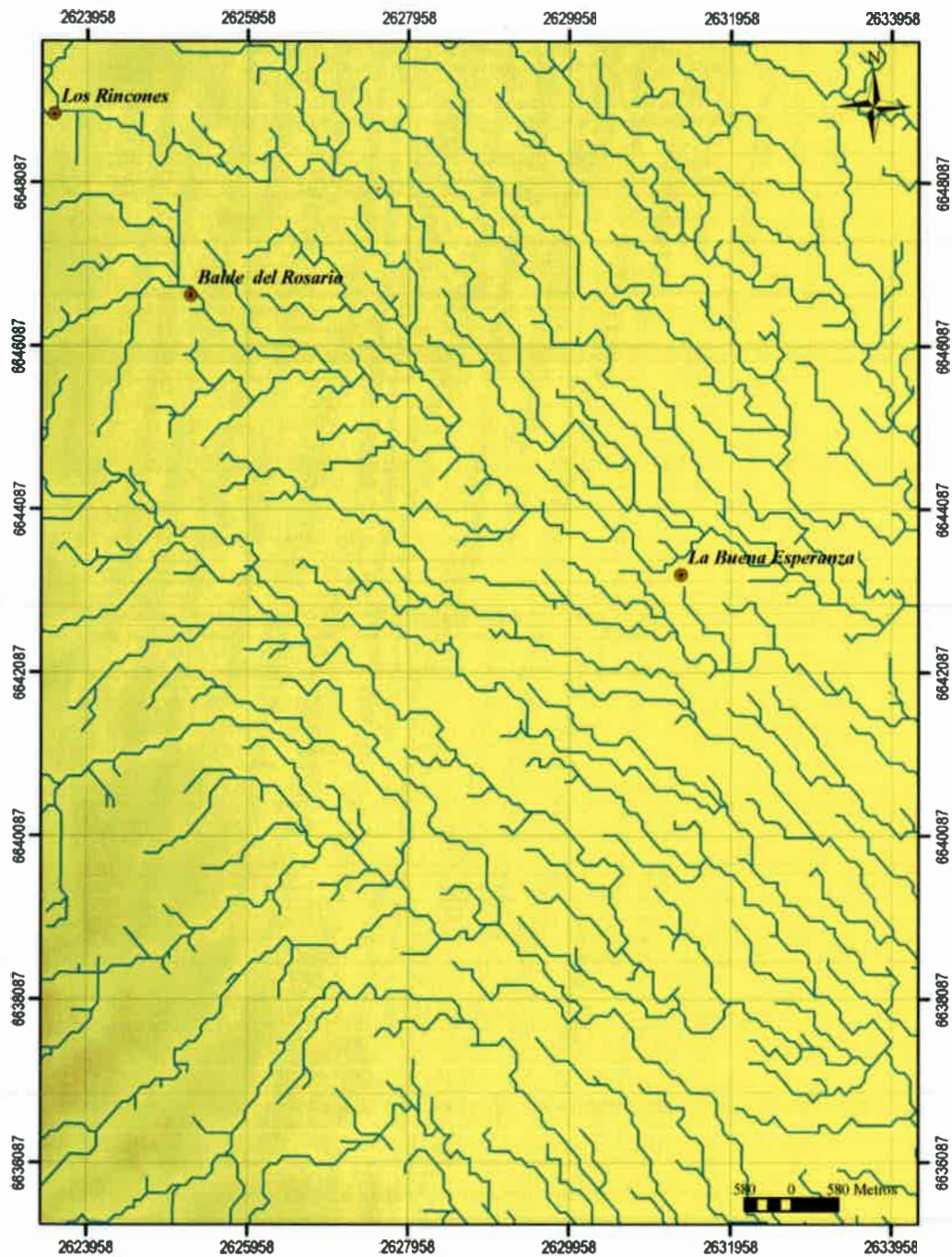
CARACTERIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ZONAS ÁRIDAS, EN VALLE FÉRTIL, NORESTE DE SAN JUAN, ARGENTINA. IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES

Autora: Martinelli, M (2005)

Curvas de nivel superpuestas al MDT

Equidistancia: 50 metros

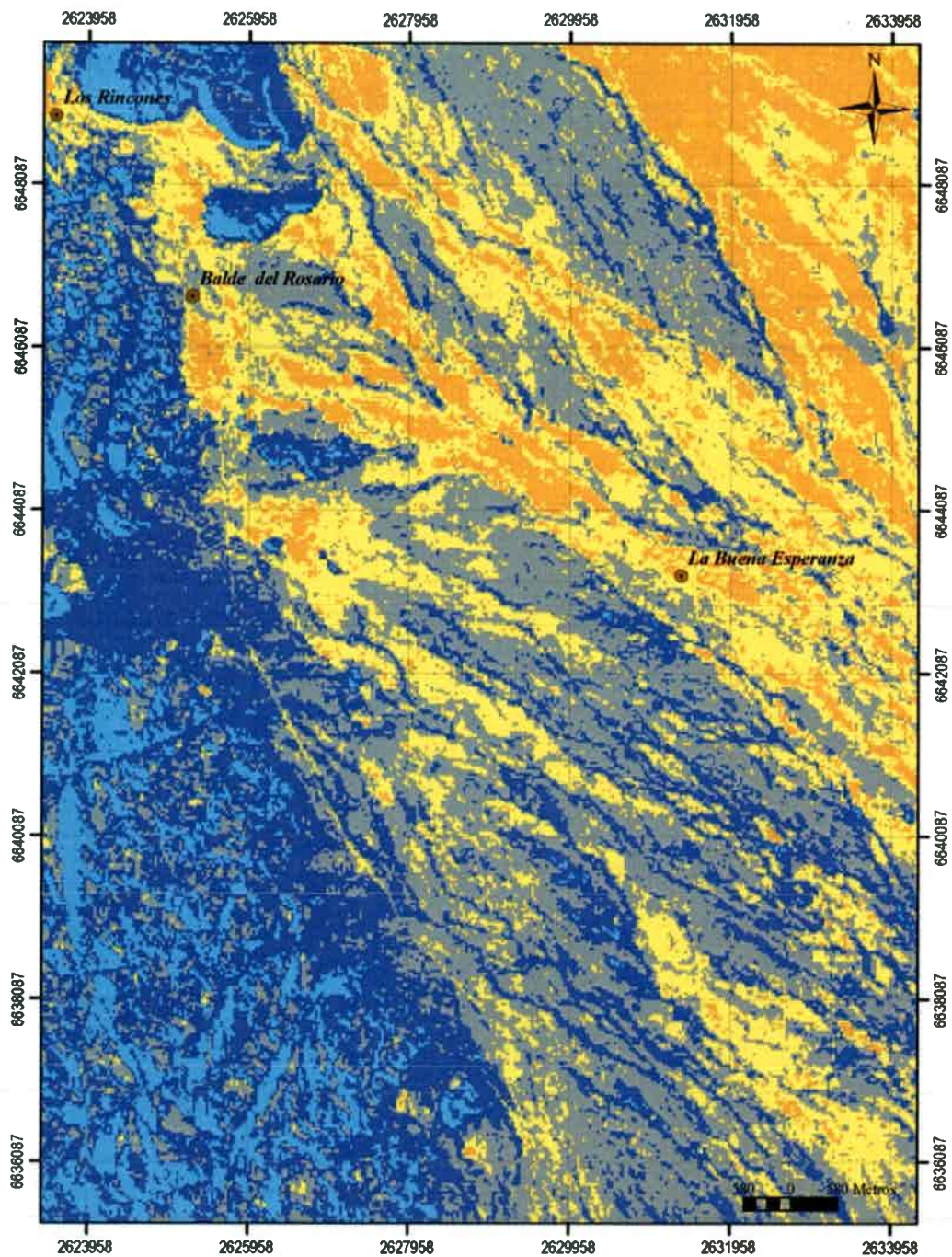
1:75.000



**CARACTERIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS
EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ZONAS ÁRIDAS,
EN VALLE FÉRTIL, NORESTE DE SAN JUAN, ARGENTINA.
IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES**

Autora: Martinelli, M (2005)

**Red de cauces temporarios
1:75.000**



**CARACTERIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS
EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ZONAS ÁRIDAS,
EN VALLE FÉRTIL, NORESTE DE SAN JUAN, ARGENTINA.
IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES**

Autora: Martinelli, M (2005)

Uso y cobertura del suelo

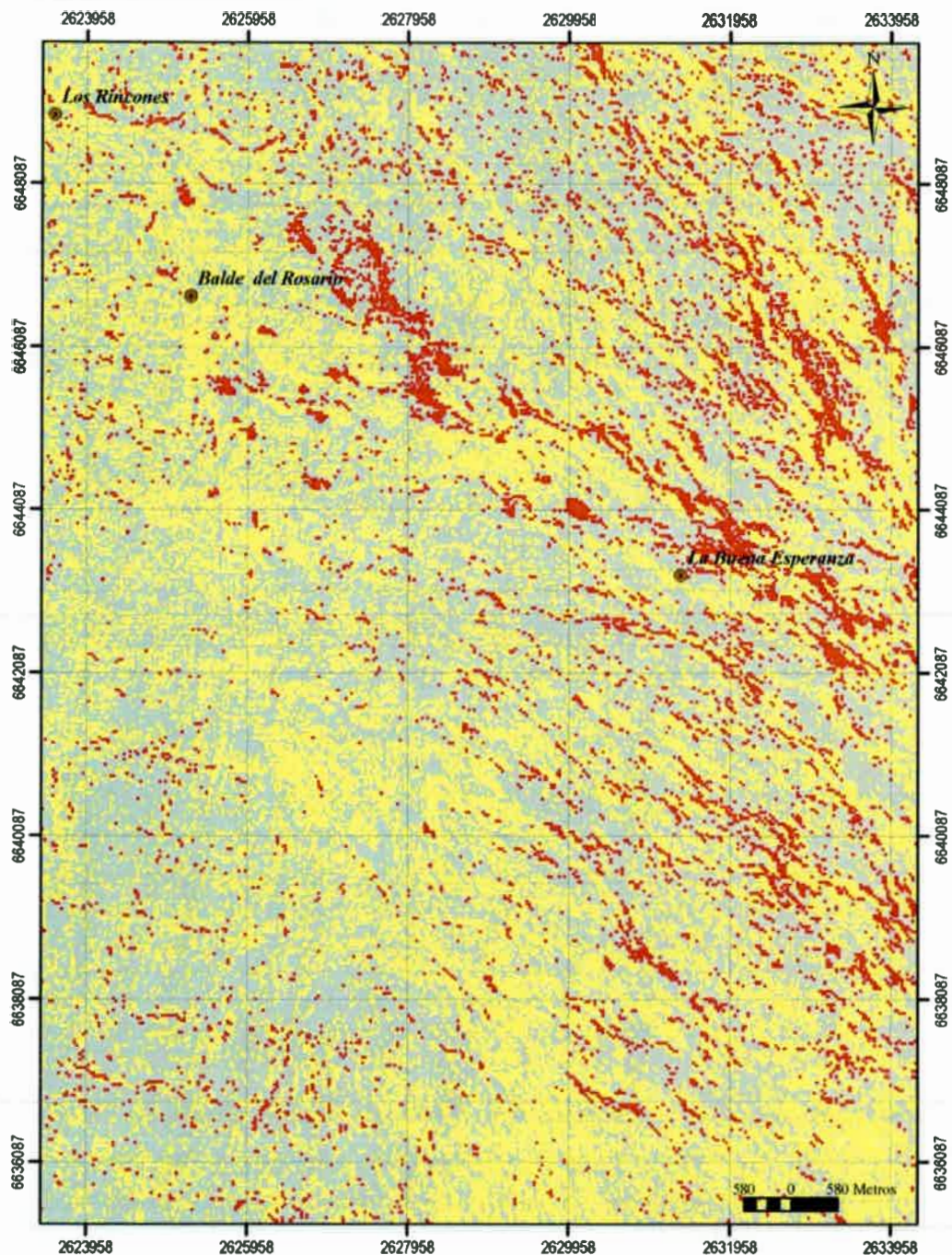
1:75.000

Precisión total del mapa = 72.67%

Kappa (valor total) = 0.6445

referencia	total de pixeles	área (m ²)	area (ha)	%
	20620	18.558.000	1.855,80	9,23
	61527	55.374.300	5.537,43	27,57
	67644	60.879.600	6.087,96	30,31
	47170	42.453.000	4.245,30	21,14
	26212	23.590.800	2.359,08	11,75
total	223173	200.855.700	20.085,57	100

Clase	Caracterización
	Corresponde principalmente a las laderas de las serranías bajas que se encuentran en el área de estudio. De acuerdo a los censos distribuidos en esta clase, corresponde a una vegetación con especies dominantes con valores de cobertura promedio del 40%, estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo acompañante siempre presente.
	Corresponde principalmente a los cauces de las serranías y a los cauces principales de la bajada pedemontana, distribuyéndose a lo largo de la red de drenaje. Los censos que se distribuyen en esta clase, corresponden a un bosque con un estrato arbóreo dominante de cobertura promedio de 50%, un estrato arbustivo presente con cobertura promedio de 30%, presencia de estrato herbáceo, de suculentas y parásitas.
	Esta clase se distribuye en sectores de vegetación típica de Monte de la bajada pedemontana, con matorrales de <i>Larrea cuneifolia</i> de coberturas por encima del 40%. Los censos que se distribuyen en esta clase se caracterizan por presentar un estrato arbustivo dominante, con cobertura promedio del 45%, estrato arbóreo siempre presente, con cobertura promedio del 10% y estrato herbáceo de perennes y anuales siempre presente.
	Corresponde a áreas circundantes a los sectores identificados como de suelo desnudo, con gran presión de uso por actividades agropecuarias. En general, sobre la base de los censos que se distribuyen en esta clase, se trata de matorrales bajos, con cobertura promedio de arbustos dominantes del 30%, con especies arbóreas y arbustivas acompañantes con coberturas aproximadas del 10%.
	Corresponde principalmente sectores de suelo desnudo y matorrales abiertos, con gran presión de uso, asociados a la actividad pecuaria. De acuerdo a los censos que se distribuyen en esta clase, presenta un estrato arbustivo dominante con coberturas por debajo del 30%, estrato arbóreo si presente, con cobertura por debajo del 5%, y presencia de pocas especies herbáceas anuales y perennes.



**CARACTERIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS
EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ZONAS ÁRIDAS,
EN VALLE FÉRTIL, NORESTE DE SAN JUAN, ARGENTINA.
IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES**

Autora: Martinelli, M (2005)

Detección de cambios estacionales

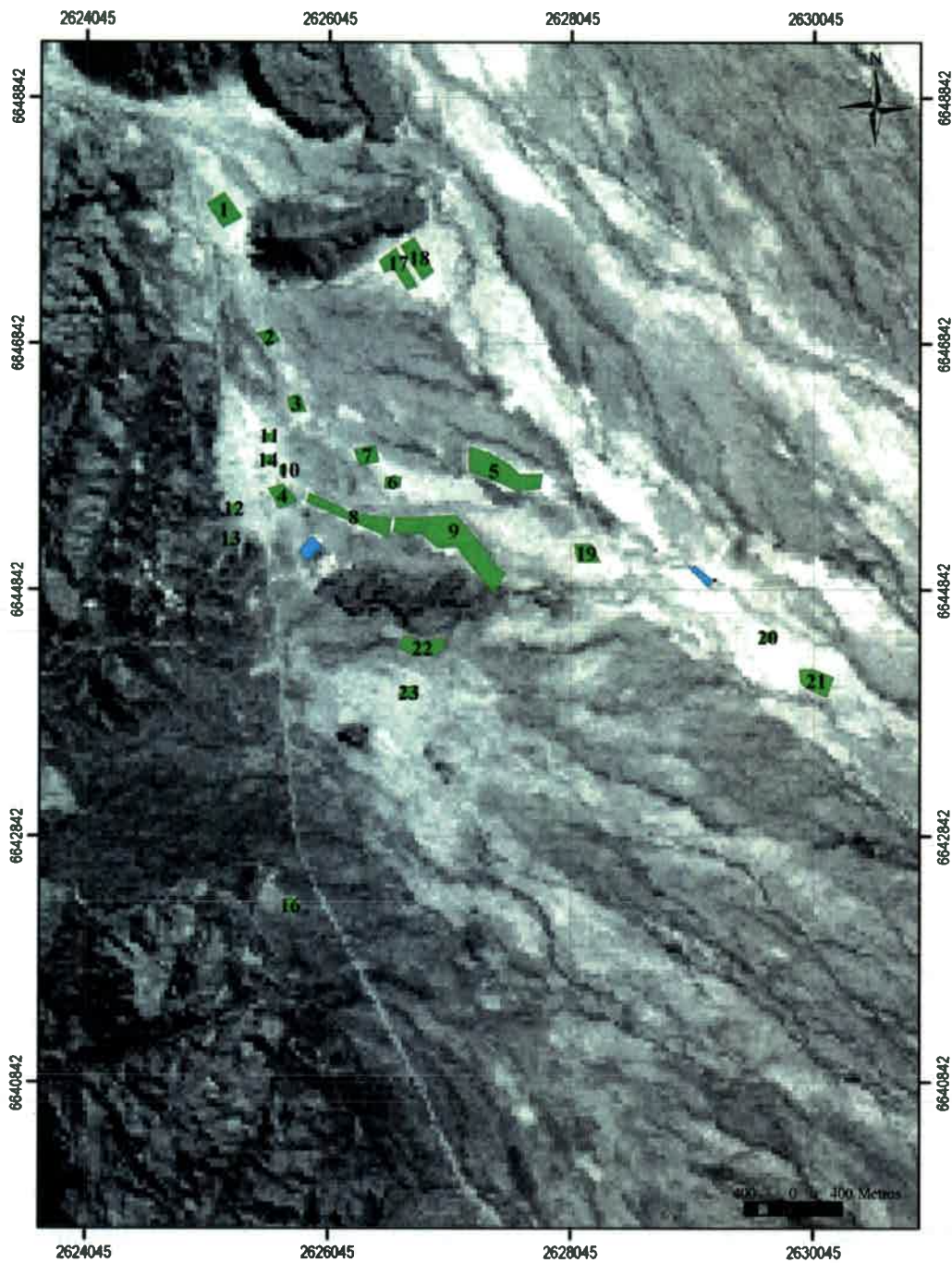
1:75.000

Precisión total del mapa = 74.67%

Kappa (valor total) = 0.6524

referencia	total de pixeles	area (m ²)	area (ha)	%
	17388	15.649.200	1564.92	7,82
	130464	117.417.600	11741,76	58,57
	74870	67.383.000	6738,30	33,61
total	222.722	200.449.800	20044.98	100

Clase	Caracterización
	Áreas que responden fuertemente a la dinámica estacional tales como las parcelas de actividad agrícola que se observan de formas regulares y homogéneas y la vegetación de cauces, típico bosque en galería de los ríos secos, donde se encuentran comunidades con árboles de gran porte como "algarrobos" y "talas". Si bien solo dos muestras (2: vegetación de cauce y 22: bañado) de las cuatro corresponden a esta caracterización, el conocimiento del área y el claro patrón de distribución de la clase, permiten afirmar estas características.
	Áreas de cambios estacionales de poca magnitud, caracterizada por especies con presencia de ramas verdes áfijas parcial o totalmente, follaje permanente resinoso y follaje estacional con escasas resinas. Este matorral xerófilo está formado por especies tales como <i>Larrea cuneifolia</i> , <i>L. divaricata</i> , <i>Lycium</i> div. sp., <i>Tricycla spinosa</i> , <i>Geoffroea decorticans</i> . En algunas áreas de poca pendiente y con presencia de suelos de texturas arenosas se encuentran zampales de <i>Atriplex</i> div. sp. En general, sobre la base de los censos que se distribuyen en esta clase, se trata de matorrales, con cobertura promedio de arbustos o arbóreas dominantes del 40%, con diversidad de especies arbóreas y arbustivas acompañantes de cobertura promedio del 5%. Presencia además de un estrato herbáceo, de anuales y perennes, de caméfitos suculentos, y en ocasiones entredaderas. Con cobertura promedio del 5%.
	Área de uso agropecuario, no se observan formas geométricas, corresponde a sectores que no responden a la dinámica estacional, son áreas correspondientes a las prácticas agropecuarias, asociada a la presencia de corrales donde existe gran presión de uso por el ganado caprino. En general, sobre la base de los censos que se distribuyen en esta clase, se trata de matorrales, con cobertura promedio de arbustos dominantes del 40%, que van de 20 a 40% de cobertura, con especies arbóreas y arbustivas acompañantes con coberturas promedio del 5%. Presencia además de un estrato herbáceo, de anuales y perennes, del 5%



**CARACTERIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS
EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ZONAS ÁRIDAS,
EN VALLE FÉRTIL, NORESTE DE SAN JUAN, ARGENTINA.
IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES**

Autora: Martinelli, M (2005)

Parcelas de cultivo y corrales

1:50.000

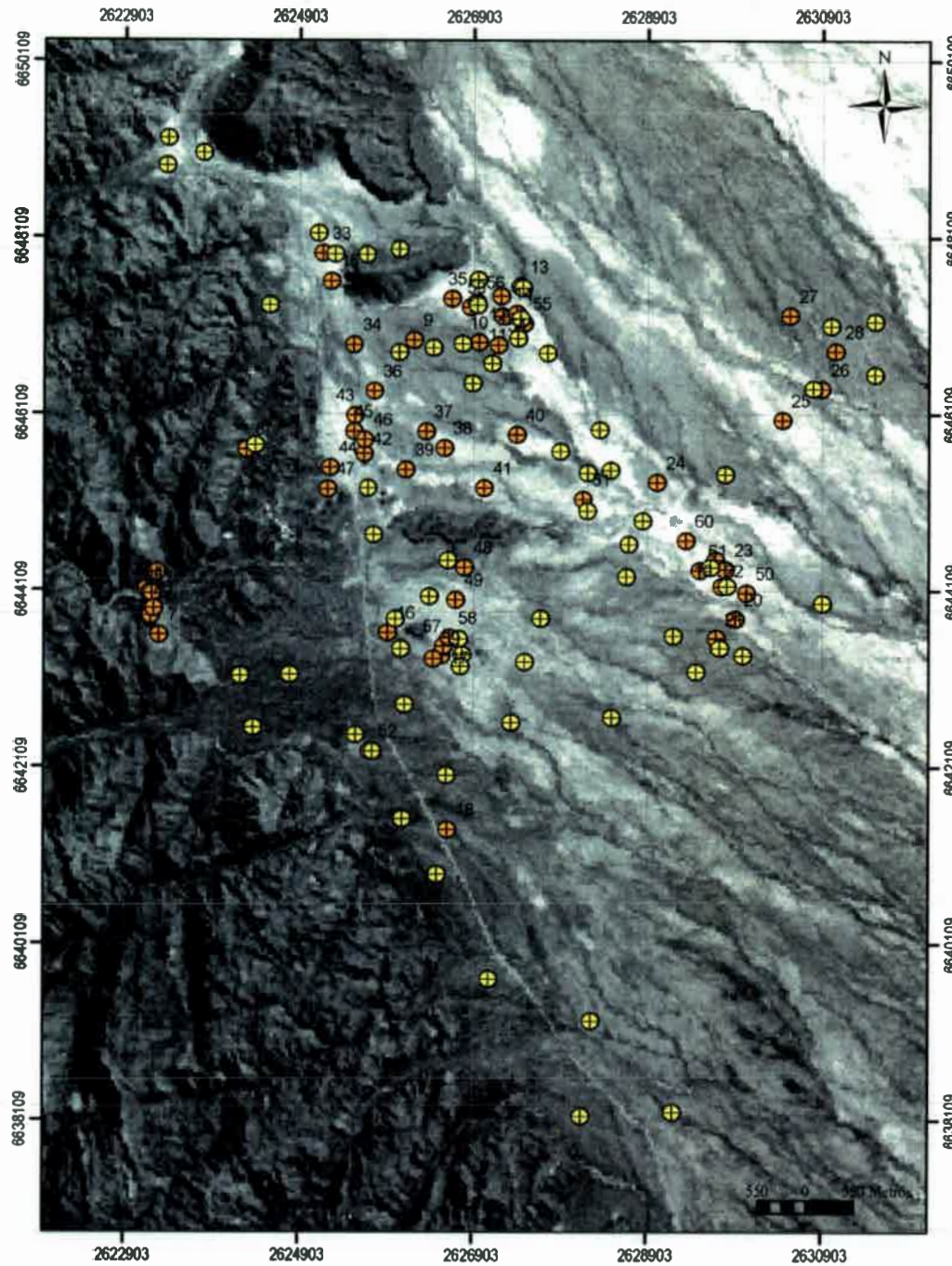
Id	Dominio	Uso
1	Elio Ontivero	Chacra
2	Carlos Villafañe	Chacra
3	Alcides Villafañe	Chacra
4	Eladio Diaz	Chacra
5	Carlos Vega	Chacra / pastura
6	Carlos Vega	Chacra
7	Gilberto Villafañe	Chacra
8	Clarita Villafañe	Chacra
9	Florencio Ontivero	Chacra
10	Gilberto Villafañe	Corral
11	Ceferino Pizarro	Corral
12	Clarita Villafañe	Corral
13	Carlos Vega	Corral
14	Pedro Diaz	Corral
16	Juan Ontivero	Corral
17	-	Abandonado
18	-	Abandonado
19	-	Abandonado
20	Martin Villafañe	Chacra
21	Martin Villafañe	Chacha
22	-	Abandonado
23	-	Abandonado

**CARACTERIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS
EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ZONAS ÁRIDAS,
EN VALLE FÉRTIL, NORESTE DE SAN JUAN, ARGENTINA.
IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES**

Autora: Martinelli, M (2005)

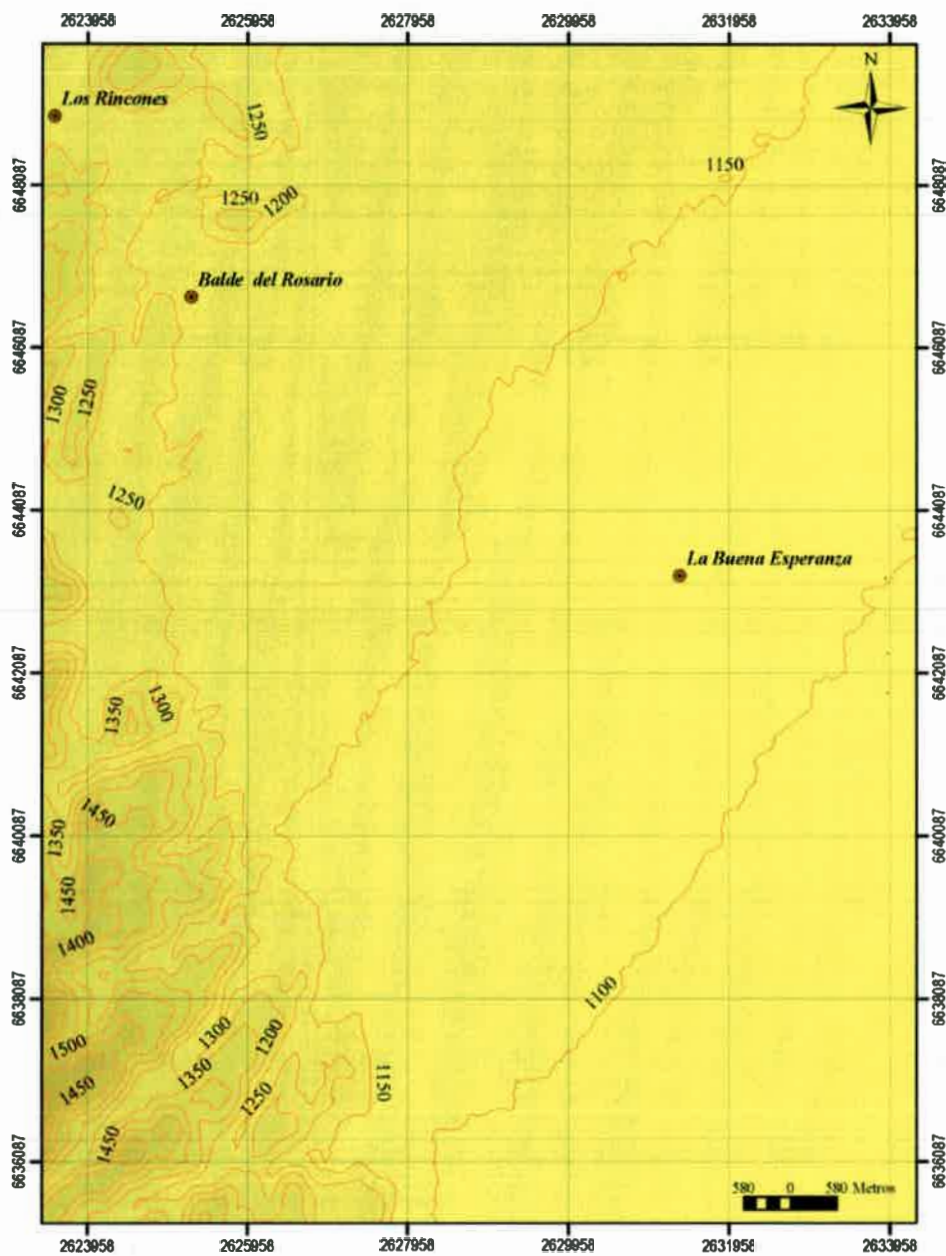
Muestras y puntos observacionales

1:70.000



-  Puntos observacionales
-  Muestras

Anexo 3: Cartografía temática



CARACTERIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ZONAS ÁRIDAS, EN VALLE FÉRTIL, NORESTE DE SAN JUAN, ARGENTINA. IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES

Autora: Martinelli, M (2005)

Curvas de nivel superpuestas al MDT

Equidistancia: 50 metros

1:75.000

Anexo 4

Muestra	RFArboles	RFArbusto	CDArbol	CDarbusto	CT_UCS	CT_DC	Clase_UC	Código
1	2	10	5	30	3	2	1	Bos_V2
2	4	11	10	40	2	1	1	Bos_V2
3	4	4	60	40	2	2	1	Bos_V2
4	5	5	30	50	2	2	1	Bos_V2
5	0	2	5	0	1	2	1	Bos_V2
6	2	6	20	20	1	1	1	Bos_V2
7	3	8	10	70	2	2	1	Bos_V2
8	2	2	10	70	2	2	3	Ma_Lc
9	4	5	20	30	3	2	3	Ma_Lc
10	2	3	75	5	2	1	2	Bos_V1
11	0	1	0	25	5	2	4	Ma_Aa
12	4	4	80	10	2	1	2	Bos_V1
13	3	2	70	10	2	1	2	Bos_V1
14	1	1	30	10	4	2	4	Ma_Aa
15	2	2	20	10	5	3	4	Ma_Aa
16	3	4	40	30	3	2	2	Bos_V1
17	1	3	10	40	4	2	4	Ma_Aa
18	3	3	50	30	2	2	2	Bos_V1
19	1	3	5	20	0	0	4	Ma_Aa
20	0	1	0	20	0	0	4	Ma_Aa
21	2	3	5	30	0	0	3	Ma_Lc
22	0	0	0	0	4	3	5	Ar_Cu
23	0	0	0	0	5	3	5	Ar_Cu
24	0	4	0	30	4	2	3	Ma_Lc
25	2	2	5	30	5	3	4	Ma_Aa
26	0	2	0	20	5	2	4	Ma_Aa
27	2	6	5	40	3	3	3	Ma_Lc
28	3	4	5	40	3	3	3	Ma_Lc
29	2	6	70	40	2	2	1	Bos_V2
30	2	5	5	60	3	3	3	Ma_Lc
31	2	5	5	60	3	3	3	Ma_Lc
32	6	5	80	20	2	1	1	Bos_V2
33	1	2	10	5	4	1	5	Ar_Cu
34	1	1	5	5	4	3	5	Ar_Cu
35	0	0	0	20	4	1	5	Ar_Cu
36	0	2	0	20	4	3	5	Ar_Cu
37	1	2	5	20	5	3	5	Ar_Cu
38	0	1	0	10	5	3	5	Ar_Cu
39	0	1	0	5	5	3	5	Ar_Cu
40	2	3	10	10	5	3	5	Ar_Cu
41	2	3	15	20	5	3	5	Ar_Cu
42	2	3	10	20	4	1	5	Ar_Cu

43	0	0	0	0	5	3	6	Ar_Co
44	0	0	0	0	5	3	6	Ar_Co
45	0	0	0	0	5	3	6	Ar_Co
46	0	0	0	0	5	3	6	Ar_Co
47	0	0	0	0	3	3	6	Ar_Co
48	1	2	5	15	3	1	5	Ar_Cu
49	0	1	0	10	5	3	5	Ar_Cu
50	2	3	15	20	3	1	5	Ar_Cu
51	0	1	0	25	5	3	5	Ar_Cu
52	0	0	0	0	3	3	6	Ar_Co
53	0	1	0	15	5	2	4	Ma_Aa
54	0	1	0	15	5	1	4	Ma_Aa
55	0	1	0	5	5	2	4	Ma_Aa
56	0	1	0	10	5	2	4	Ma_Aa
57	0	1	0	30	5	3	4	Ma_Aa
58	0	1	0	25	5	3	4	Ma_Aa
59	0	1	0	30	4	2		Ma_Aa
60	0	1	0	30	5	3	4	Ma_Aa
61	0	1	0	25	5	3	4	Ma_Aa

U.N.R.C.
Biblioteca Central



67517

67517